К. ЦИОЛКОВСКИЙ.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИРОВЫХ ПРОСТРАНСТВ РЕАКТИВНЫМИ ПРИБОРАМИ

(переиздание работ 1903 и 1911 г. с некоторыми изменениями и дополнениями).

КАЛУГА—1926.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИРОВЫХ ПРОСТРАНСТВ РЕАКТИВНЫМИ ПРИБОРАМИ.

(Переиздание работ 1903 и 1911 г. с некоторыми изменениями и дополнениями).

ПРЕДИСЛОВИЕ.

Стремление к космическим путешествиям заложено во мне известным фантазером Ж.-Верном. Он пробудил работу мозга в этом направлении. Явились желания. За желаниями возникла деятельность ума. Конечно, она ни к чему бы не повела, если бы не встретила помощь со стороны науки.

Кроме того, мне представляется, вероятно, ложно, что основные идеи и любовь к вечному стремлению туда — к солнцу, к освобождению от цепей тяготения, во мне заложены чуть не с рождения. По крайней мере, я отлично помню, что моей любимой мечтой в самом раннем детстве, еще до книг, было смутное сознание о среде без тяжести, где движения во все стороны совершенно свободны и безграничны и где каждому лучше, чем птице в воздухе. Откуда явились такие желания — я до сих пор не могу понять. И сказок таких нет, а я смутно верил, и чувствовал, и желал именно такой среды без пут тяготения.

Может быть, остатки атрофированного механизма, выдохшихся стремлений, когда наши предки жили еще в воде и тяжесть ею была уравновешена — причина таких снов и желаний.

Еще с юных лет я нашел путь к космическим полетам. Это — центробежная сила и быстрое движение (см. мои **„Грезы о Земле и небе“** 1895 г.). Первая уравновешивает тяжесть и сводит ее к нулю. Вторая — поднимает тела к небесам и уносит их тем дальше, чем скорость больше. Вычисления могли указать мне и те скорости, которые необходимы для освобождения от земной тяжести и достижения планет. Но как их получить? Вот вопрос, который всю жизнь меня мучил и только с 1896 года был мною определенно намечен, как наиболее осуществимый.

Долго на ракету я смотрел, как все: с точки зрения увеселений и маленьких применений. Она даже никогда меня не интересовала в качестве игрушки. Между тем, как многие, с незапамятных времен, смотрели на ракету, как на один из способов воздухоплавания. Покопавшись в истории, мы найдем множество изобретателей такого рода. Таковы Кибальчич и Федоров. Иногда одни только старинные рисунки дают понятие о желании применить ракету к воздухоплаванию.

В 1896 году я выписал книжку А. П. Федорова: „Новый принцип воздухоплавания“ (Ленинград, 96 г., об‘ем: полпечатного листа). Мне показалась она неясной (так как расчетов никаких не дано). А в таких случаях я принимаюсь за вычисления самостоятельно — с азов. Вот начало моих теоретических изысканий о возможности применения реактивных приборов к космическим путешествиям. Никто не упоминал до меня о книжке Федорова. Она мне ничего не дала, но все же она толкнула меня к серьезным работам, как упавшее яблоко к открытию Ньютоном тяготения.

Очень возможно, что имеется и еще много более серьезных работ о ракете, мне неизвестных, изданных очень давно. В этом же году, после многих вычислений, я написал повесть „Вне Земли“, которая потом была помещена в журнале „Природа и Люди“ и даже издана особой книгой (20 год).

Старый листок с окончательными формулами, случайно сохранившийся, помечен датою 25 авг. 1898 г. Но из предыдущего очевидно, что теориею ракеты я занимался ранее этого времени, именно с 1896 г.

Никогда я не претендовал на полное решение вопроса. Сначала неизбежно идут: мысль, фантазия, сказка. За ними шествует научный расчет. И уже в конце концов исполнение венчает мысль. Мои работы о космических путешествиях относятся к средней фазе творчества. Более, чем кто-нибудь, я понимаю бездну, разделяющую идею от ее осуществления, так как в течение моей жизни я не только мыслил и вычислял, но и **исполнял**, работая также **руками**.

Однако, нельзя не быть идее: исполнению предшествует мысль, точному расчету — фантазия.

Вот что писал я М. Филиппову, редактору „Научного Обозрения", перед тем, как посылать ему свою тетрадь (издана в 1903 г.). „Я разработал некоторые стороны вопроса о поднятии в пространство с помощью реактивного прибора, подобного ракете. Математические выводы, основанные на научных данных и много раз проверенные, указывают на возможность с помощью таких приборов подниматься в небесное пространство и, может быть, основывать поселения за пределами земной атмосферы. Пройдут, вероятно, сотни лет прежде чем высказанные мною мысли найдут применение, и люди воспользуются ими, чтобы расселяться не только по лицу земли, но и по лицу всей вселенной.

Почти вся энергия Солнца пропадает в настоящее время бесполезно для человечества, ибо Земля получает в два (2,23) миллиарда раз меньше, чем испускает Солнце.

Что странного в идее воспользоваться этой энергиею! Что странного в мысли овладеть и окружающим земной шар беспредельным пространством"...

Все знают, как невообразимо велика, как безгранична вселенная. Все знают, что и вся солнечная система, с сотнями своих планет есть точка в Млечном

Пути. И самый Млечный Путь есть точка по отношению к эфирному острову. Последний же есть точка в мире.

Проникни люди в солнечную систему, распоряжайся в ней, как хозяйка в доме: раскроются-ли тогда тайны вселенной? Нисколько! Как осмотр какого нибудь камешка или раковины не раскроет еще тайны океана... Если бы даже человечество овладело другим солнцем, исследовало весь Млечный Путь, эти миллиарды солнц, эти сотни миллиардов планет,—то и тогда мы сказали бы то же. И миллиарды эти точка и они бы не разоблачили тайн неба.

Вся известная нам вселенная только нуль и все наши познания, настоящие и будущие, ничто в сравнении с тем, что мы никогда не будем знать.

Но как жалок человек в своих заблуждениях! Давно ли было время, когда поднятие на воздух считалось кощунственным покушением и каралось казнью, когда рассуждение о вращении Земли наказывалось сожжением. Неужели и теперь суждено людям впадать в ошибки такого же сорта!

Напечатанные ранее мои труды достать довольно трудно. Поэтому я тут в своем издании соединяю прошлые работы с **некоторыми** позднейшими достижениями.

Обозначение величин помещено в конце книги.

На первые мои работы обращено внимание немногих (особенно благодарю за это внимание В. В. Рюмина и Я. И. Перельмана). Много лет спустя, появились труды проф. Годарда, астр. Оберта, инж. Гомона и общедоступные труды Рюмина, Перельмана, Валье и друг., труды которых, к сожалению, мне неизвестны. Они пришли, в общем, к тем же выводам, как и я. Тогда, естественно, и мне было оказано больше доверия и внимания. В этом отношении очень я обязан также Ассоциации Натуралистов и ее председ. А. П. Модестову.

Мне известны общедоступные статьи Модестова, Давидова, Лапирова-Скобло, Прянишникова, Егорова,

Мануйлова, Бабаева, Глушкова, Чижевского, Алчевского, Шмурло, Рябушинского, Родных, Редина, Соловьева, Ширинкина и многих других, указать на которых сейчас не могу. Некоторые статьи подписаны только двумя буквами, а иные и совсем без подписи. Много было диспутов и лекций, посвященных космической ракете.

* *
*

Мой адрес: **Калуга, Жорес, 3.**

* *
*

Содержание этой книги. Для решения нашей задачи, нам надо одолеть два главных препятствия: притяжение Земли и сопротивление атмосферы. Далее надо в эфире, в пустоте, найти средства для дыхания, питания и сохранения достаточной температуры. Надо найти средства и источник энергии для перемещения по всему пространству Солнечной системы. Необходимо развитие индустрии, поддерживающей необходимый комфорт бесчисленных будущих поколений, заселяющих Солнечную систему. Наконец, надо указать практические пути для одоления 1-го шага, т.-е. поселения вне атмосферы по близости Земли, в качестве ее маленького спутника.

Небесный корабль должен быть подобен ракете. Основа действия каждого экипажа и корабля одна и та же: они отталкивают какую-либо массу в одну сторону, а сами (от этого) двигаются в противоположную. Пароход отталкивает воду, дирижабль и аэроплан—воздух, человек и лошадь—земной шар, реактивный прибор, напр., ракета, Сегнерово колесо—не только воздух, но и те вещества, которые заключены в них самих: порох, воду. Если бы ракета находилась в пустоте или в эфире, то все же она приобрела бы движение, так как у ней есть запас для отталкивания: порох или другие взрывчатые вещества, содержащие одновременно и массу и энергию. Очевидно, для движения прибора в пустоте, он должен быть подобен

ракете, т.-е. содержать не только энергию, но и опорную массу в самом себе.

Для путешествий вне атмосферы и всякой другой материальной среды на высоте 300 килом., а также еще дальше, между планетами и солнцами,— нужен специальный прибор, который мы только для краткости будем называть **ракетой**.

Заметим, что межзвездный эфир есть такая же материальная среда, как и воздух, но до такой степени разряженная, что ни в каком случае не может служить опорой. Только условно она не причисляется к материи. Даже небесные камни (болиды, аэролиты, падающие звезды), в несколько граммов весом, могут в ней двигаться с ужасающей скоростью (до 50 и более верст в сек.), не встречая заметного сопротивления. Одним словом, эфир, в отношении сопротивления движению тел, может считаться за пустоту. Также и его потоки, в виде лучистой и электрической энергии, оказывают лишь чрезвычайно малое давление на тела. Так что мы пока и ими пренебрежем.

Взрывание не только может служить для поднятия с планеты, но и для спуска на нее; не только для получения скорости, но и для потери ее. Снаряд в состоянии удаляться от Земли, блуждать между планетами, между звездами, посещать планеты, их спутники, кольца и другие небесные тела, возвращаться на Землю. Лишь бы было довольно энергического взрывчатого материала. Впрочем, мы увидим, что есть возможность спускаться на планеты, имеющие атмосферы, без всяких затрат взрывчатого материала.

Работа тяготения при удалении от планеты. Очень простым интегрированием можем получить следующее выражение для работы (T), необходимой для удаления единицы массы от поверхности планеты радіуса (r_1) на высоту h.

$$T = \frac{g}{g_1} \cdot r_1 \left(1 - \frac{r_1}{r_1 + h}\right).$$

Здесь (g) означает ускорение тяжести на поверхности данной планеты, а (g_1) — ускорение земной тяжести на поверхности земли.

Положим в этой формуле (h) равным бесконечности. Тогда определим наибольшую работу, при удалении единицы массы с поверхности планеты в бесконечность и получим:

$$T_1 = \frac{g}{g_1} \cdot r_1 .$$

Заметив, что $\frac{g}{g_1}$ есть тяжесть на поверхности планеты по отношению к тяжести Земли, видим, что работа, потребная для удаления единицы массы от поверхности планеты на бесконечно большое расстояние, равна работе поднятия этой же массы от поверхности на один радиус планеты, — если допустить, что сила тяжести на ней не уменьшается с удалением от поверхности.

Таким образом, хотя пространство, куда проникает сила тяготения любой планеты, безгранично, однако, сила эта представляет как бы стену или сферу ничтожного сопротивления, облекающую кругом планету на величину ее радиуса. Одолейте эту стену, прошибите эту неуловимую равноплотную оболочку — и тяготение побеждено на всем его бесконечном протяжении.

Из последней формулы видно, что предельная работа (T_1) пропорциональна силе тяжести $\left(\frac{g}{g_1}\right)$ у поверхности планеты и величине ее радиуса.

Для равноплотных планет, т.-е. для планет одной плотности, напр., с земной (5,5), сила тяжести у поверхности, как известно, пропорциональна радиусу планеты и выражается отношением радиуса (r_1) планеты к радиусу земли (r_2).

Следовательно, $\frac{g}{g_1} = \frac{r_1}{r_2}$ и $T_1 = \frac{r_1}{r_2} \cdot r_1 = \frac{r_1^2}{r_2}$.

Значит, предельная работа (T_1) чрезвычайно быстро уменьшается с уменьшением радиуса (r_1) планеты, именно, — как ее поверхность.

Так, если эта работа для земного шара ($r_1 = r_2$) равна (r_2), или 6.366.000 килограмметрам, то для планеты с диаметром, в 10 раз меньшим, она равна 63.660 килограмметрам.

Но и для Земли, с некоторой точки зрения, она не очень велика. В самом деле, если считать теплопроизводительность нефти в 10.000 калорий, что довольно верно, то энергия этого горения выразится механической работой в 4.240.000 килограмметров на 1 килограмм горючего материала.

Выходит, что для предельного удаления единицы массы от поверхности нашей планеты, требуется работа, которая содержится потенциально в полуторах массовых единицах нефти.

Так в применении к человеку, весящему 70 кило, получим количество нефти в 105 кило.

Недостает только уменья воспользоваться этой могучей энергиею химического сродства.

Становится все-таки более понятным, почему увосьмиренное количество взрывчатого материала, сравнительно с весом снаряда, может помочь последнему вполне одолеть силу земного тяготения.

По Ланглею, квадратный метр, освещенный нормальными лучами солнца, дает в минуту 30 калорий или 12720 килограмомметров.

Чтобы получить всю работу, потребную для победы одного кило над тяжестью земли, нужно пользоваться квадратным метром, освещенным лучами, в течение 501 минуты или 8-ми слишком часов.

Все это очень немного; но при сравнении человеческой силы с силою притяжения, последняя нам покажется огромной.

Так, допустим, что человек каждую секунду подымается по прекрасно устроенной лестнице на высоту 20 сант. (около $4^1/_2$ вершков). Тогда предельная работа

будет им совершена только в течение 500 дней тяжкого труда, если на ежедневный отдых подарим 6 часов. При употреблении для поднятия лошадиной силы сократим работу в 5 раз. При 10 лошадиных силах понадобится только 10 дней, а при непрерывной работе— около недели.

При той работе, которую поглощает летящий аэроплан (70 сил), довольно одного дня.

Для большинства астероидов и для Марсовых лун эта работа полного одоления тяжести поразительно мала. Так, луны Марса не имеют в диаметре больше 10 километров. Если принять для них земную плотность ($5^1/_2$), то работа (T_1) составит не более 16 килограмметров, т.-е. соответствует поднятию на березу в $7^1/_2$ сажен высоты. Если бы на нашей луне, на Марсе оказались разумные существа, то победа над тяжестью для них была бы гораздо легче, чем для жителей Земли.

Так, для Луны (T_1) в 22 раза меньше, чем для Земли. На крупных планетоидах и спутниках планет победа над тяжестью была бы пустяками с помощью описанных мною реактивных приборов. Напр., на Весте (T_1) в 1000 раз меньше, чем на земле потому, что поперечник Весты равен 375 верстам. Поперечник Метиссы около 100 верст, а T_1 в 15.000 раз меньше.

Но это громаднейшие астероиды; большинство в 5—10 раз меньше. Для них T_1 в миллионы раз меньше, чем для земли.

Из предыдущих формул найдем для всякой планеты:

$$\frac{T}{T_1} = \frac{h}{h + r_1} = \frac{\frac{h}{r_1}}{1 + \frac{h}{r_1}}$$

Мы здесь выразили работу поднятия (T) на высоту (h) от поверхности планеты радиуса (r_1) по отно-

шению к полной наибольшей работе (T_1). По этой формуле вычислим:

$$\frac{h}{r_1}=\frac{1}{10}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1, 2, 3, 9, 99, \text{бесконечно.}$$

$$\frac{T}{T_1}=\frac{1}{11}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{4}, \frac{9}{10}, \frac{99}{100}, 1.$$

Первая строка показывает на поднятие в радиусах планеты; вторая—на соответствующую работу, принимая работу полного одоления тяжести за единицу. Напр., для удаления от поверхности планеты на один ее радиус нужно совершить половину полной работы, а для удаления в бесконечность только вдвое более (1).

Необходимые скорости. Так как мы раньше часто давали скорости, приобретаемые ракетой от действия взрывчатых веществ, то интересно знать, каковы они должны быть, чтобы одолеть сопротивление тяготения.

Мы опять не будем приводить банальных вычислений, с помощью которых скорости эти определяются, и ограничимся только выводами.

Так, скорость (V_1), потребная для поднятия ракеты на высоту (h) и получения после этого скорости (V), равна

$$V_1=\sqrt{V^2+\frac{2g \cdot r_1 h}{r_1+h}}.$$

Если тут положить, что $V=0$, т.-е. если тело движется вверх до остановки силой тяжести, то найдем:

$$V_1=\sqrt{\frac{2gr_1 h}{r_1+h}}.$$

Когда (h) бесконечно велико, т.-е. если поднятие беспредельно и конечная скорость нуль, то необходи-

мая для того у поверхности планеты скорость выразится:

$$V_1 = \sqrt{2gr_1}.$$

По этой формуле вычислим для Земли: V_1 = 11.170 метров в 1 секунду, или в 5 раз быстрее наибыстрейшего пушечного ядра, при его вылете из жерла

Для нашей Луны V_1 = 2.373 метра, т.-е. это близко к скорости ядра и скорости молекул водорода. Для планеты Агаты, имеющей 6 верст в диаметре и плотность, не большую плотности Земли (5,5),—(V_1) менее 5,7 метра в 1 секунду; такую же почти скорость (V_1) найдем и для спутников Марса. На этихж телах солнечной системы достаточно слегка разбежаться, чтобы навсегда освободиться от силы их тяготения и сделаться самостоятельной планетой.

Для планет равноплотных с Землей получим:

$$V_1 = r_1 \sqrt{\frac{2g_1}{r_1}},$$

где g_1 и r_2 относятся к земному шару. Из формулы видно, что предельная скорость бросания (V_1) в этом случае пропорциональна радиусу (r_1) данной планеты.

Так, для наибольшего планетоида — Весты, поперечник которой близок к 400 километрам, найдем, что V_1 = 324 метра в секунду.

Это значит, что даже ружейная пуля оставляет навсегда Весту и делается аэролитом, кружащимся вокруг солнца.

Последняя формула удобна для быстрого соображения о скоростях бросания на разной величины равноплотных планетах. Так, Метисса, один из крупных астероидов, имеет диаметр раза в 4 меньше, чем Веста, и скорость поэтому будет во столько же раз меньше, т.-е. около 80 метров в секунду.

Вечное кружение вокруг планеты требует работы вдвое меньшей и скорости в $\sqrt{2}=1,41...$ раз меньшей, чем для удаления в бесконечность.

Время полета. Мы не будем тут приводить весьма сложных формул, определяющих время полета снаряда. Тем более, что это вопрос не новый и решенный, и мы будем только повторять известное.

Воспользуемся лишь одним выводом, чрезвычайно простым и полезным, для решения простейших задач о времени движения ракеты.

Для времени (t) падения неподвижного сначала тела на планету (или солнце), сосредоточенную в одну точку (при той же массе), найдем:

$$t=\frac{r_2}{r_1}\sqrt{\frac{r_2}{2g}}\left\{\sqrt{\frac{r^2}{r_1^{\,2}}-1}+\text{arc}\,.\,\sin\sqrt{\frac{r}{r_2}}\right\}.$$

Тут r_2 означает расстояние, с которого тело начинает падение; r есть величина этого падения; r_1 — радиус планеты, а g — ускорение тяжести в это время у ее поверхности.

Та же формула, конечно, выражает и время поднятия от $(r_2 - r)$ до (r_2), когда тело теряет всю свою скорость.

Если положить, что $r=r_2$, т.-е. если определить время падения до центра сосредоточенной планеты, то получим из последней формулы:

$$t=\frac{\pi}{2}\cdot\frac{r_2}{r_1}\sqrt{\frac{r_2}{2g}}$$

При обыкновенных условиях эта формула дает также, приблизительно, и время падения до поверхности планеты, или время поднятия ракеты с этой поверхности до остановки.

С другой стороны, время полного кругового обращения какого-нибудь тела, напр., снаряда, вокруг планеты (или солнца), равно:

$$t_1 = 2\pi \cdot \frac{r_2}{r_1}\sqrt{\frac{r_2}{g}},$$

где (r_1)—радиус планеты с ускорением (g) у поверхности, а (r_2)—расстояние тела от ее центра.

Сравнивая обе формулы, найдем

$$t_1 : t = 4\sqrt{2} = 5{,}657$$

Стало быть, отношение времени обращения какого нибудь спутника к времени его центрального падения на планету, сосредоточенную в одну точку, равно 5,66.

Итак, чтобы получить время падения какого нибудь небесного тела (напр., нашей ракеты) на центр (или, приблизительно,—на поверхность), вокруг которого оно обращается, надо время звездного обращения этого тела по кругу разделить на 5,66.

Так узнаем, что Луна падает до Земли 4,8 суток, а Земля до Солнца—$64^1/_4$ суток.

Наоборот, ракета, брошенная с Земли и остановившаяся на расстоянии Луны, летела в течение 4,8 суток, или около 5 дней.

Также ракета, брошенная с Солнца и остановившаяся, под влиянием могучей силы его тяготения и недостаточной скорости ракеты, на расстоянии Земли, употребила бы на свой полет около 64 суток, или 2 месяца слишком.

Работа солнечного тяготения. Определим работу тяготения Солнца, когда ракета направляется с земного шара. Конечно, выгоднее всего, чтобы снаряд был направлен по годовому движению Земли вокруг Солнца. Тут можно воспользоваться также и вращением нашей планеты вокруг оси.

Работа ракеты слагается из двух работ. Первая—одоление земной тяжести. Для единицы массы, напр.,

тонны она выражается 6.366.000 тонно-метров, или секундной скоростью в 11.170 метров. Если ракета будет брошена по направлению годового движения Земли, то она удалится от Земли и сделается спутником Солнца, как и Земля. Она также будет иметь секундную скорость, положим (среднюю), в 29,5 кило. Для того, чтобы теперь она совсем удалилась от Солнца, надо работу ее годового движения увеличить в 2 раза или скорость в $\sqrt{2}$, т. е. прибавить ей скорость, равную $29{,}5\,(\sqrt{2}-1)=12{,}21$ кило. Полная работа выражается относительным числом $(11{,}17)^2+(12{,}21)^2$, а скорость, потребная для получения всей работы, будет $\sqrt{11{,}17^2+12{,}21^2}=16{,}55$ кило. Так как у ракеты второй опоры нет, то она сразу должна приобрести эту скорость, отталкиваясь от земли. Если воспользоваться вращением экваториальных точек земли, то эта скорость еще уменьшится на 465 метров и будет составлять 16.085 метров, т. е. около 16 кило в секунду. Этой скорости, разумеется, более чем достаточно, чтобы долететь до любой планеты солнечной системы. С ней можно вечно блуждать между звездами (солнцами), никогда не останавливаясь. Только нельзя будет вылететь или, вернее, удалиться навсегда от нашего млечного пути. Если бы мы вздумали начать полет против годового движения земли, то потребовалась бы громадная скорость и ужасающая работа, чтобы одолеть солнечное тяготение. Действительно, при первой работе мы удаляемся от Земли, но не теряем опять своей годовой скорости в 29,5 кило. При отталкивании от Земли в противоположном направлении, чтобы удалиться от Солнца, мы должны потерять эту скорость и приобрести еще против годового движения скорость в 41,7 кило, т. е. всего 71,2 кило в секунду. Вся скорость, потребная для нашего дела, будет $\sqrt{71{,}2^2+11{,}2^2}=72{,}1$. Эта скорость в $4^1/_2$ раза больше, а работа в 20 раз, количество же взрывчатых веществ невообразимо велико. Менее невыгодно будет при бросании снаряда в нормальном направлении к годовому пути Земли.

Сопротивление атмосферы движению снаряда. Пока мы покажем только, что сопротивление атмосферы есть работа незначительная по отношению к работе тяготения. Потом эти вопросы разберем основательно. Пусть снаряд имеет отвесное движение. Если секундное ускорение его 30 м., то он проникет 50 верст, т.-е. почти всю атмосферу в течение 33 секунд. При этом наибольшая сек. скорость составит 1 кило. Но, ведь, эта скорость на высоте, где воздуха почти нет. Мы можем принять среднюю скорость не более пол кило. Давление на 4 кв. метра сечения ракеты не будет превышать при такой скорости, по известным формулам, 10 тонн. Но так как ракета очень длинна, имеет хорошую форму и движется очень быстро, то это давление на плоское сечение уменьшается, по крайней мере, во 100 раз. Значит, оно будет не более 0,1 тонны. Наша большая ракета весит не менее 10 тонн. Давление на нее будет не менее 40 тонн. Таким образом, оно составит число в 400 раз больше того, которое выражает среднее сопротивление атмосферы. Полная работа снаряда или работа тяготения, конечно, будет в тысячи раз больше работы сопротивления атмосферы. Отсюда также видно, что воздух должен иметь незаметное влияние на скорость движения ракеты.

Имеющаяся энергия. Приводим тут таблицу (1).

Мы видели, что работа тяготения Земли, на кило массы, составляет $6{,}37 \cdot 10^6$ килограметров или секундную скорость в 11 кило. С этой работой мы и будем сравнивать энергию, которой может распоряжаться человек. Верхняя часть табл. (1) относится к тому случаю, когда мы летим в пустоте и потребляем собственный, запасный кислород. В этом случае энергия взрывчатых веществ, по крайней мере, в 4 раза меньше, чем нужно для освобождения их от пут тяготения, предполагая полную утилизацию горения. Соответствующая скорость раза в 2 меньше. Нижняя часть табл. относится к полету в воздухе, когда мы можем заимствовать кислород из окружающей среды, не запасая

Таблица 1.

Энергия взрывчатых веществ на 1 кило продуктов.

	Большие калории.	Килограмметры.	Сек. скорость в метрах.	Отношение работ.
H_2 и O_2; получаются пары воды.	3200	$1,37 . 10^6$	5180	1,455
Тоже, но получается вода.	3736	$1,6 . 10^6$	5600	1,702
Тоже, но получается лед.	3816	$1,63 . 10^6$	5650	1,730
С и O_2 получ. CO_2	2200	$0,94 . 10^6$	4290	1,000
Бензин H_6C_6 и O_2 получается H_2O и CO_2. .	2370	$1,01 . 10^6$	4450	1,077
Горящие тела. Горение в кислороде. . . .	Энергия на единицу массы горящего тела. Кислород извне.			
Горит H_2. Пол. H_2O .	28780	$12,3 . 10^6$	15520	13,08
Горит С. Пол. CO_2. .	8080	$3,46 . 10^6$	8240	3,673
Горит углеводород .	10000	$4,28 . 10^6$	9160	4,545
Получ. CO_2 и H_2O . .	13000	$5,56 . 10^6$	10440	5,909
Радий.	$1,43 . 10^9$	$0,611 . 10^{12}$	$3,44 . 10^6$	$0,65 . 10^6$

его в ракете. В таком случае имеющаяся энергия будет раза в 2 больше, чем потребно, также и скорость значительней.

В общем выходит, что энергии взрывчатых веществ оказывается далеко недостаточно, чтобы хотя им самим приобрести скорость, освобождающую их от земного тяготения.

Не трудно элементарно доказать, что не смотря на это, снаряд может получить любую скорость, стоит только запасти побольше взрывного материала. При единице запаса (1), по отношению к весу пустого снаряда, очевидно, и скорость будет близка к 5 кило в сек., так как отталкивающиеся массы одинаковы (см. табл.). При относительном запасе в 3, скорость ракеты будет уже 10 кило. Действительно, отбросив 2 единицы взрывчатых веществ, получим скорость ракеты (с остатком) в 5 кило. Взрывая остаток (1), прибавим снаряду еще скорость в 5 кило. Всего приобретем 10 кило сек. скорости. Так легко докажем, что при запасах взрывчатых веществ в 7, 15 и 31 получим скорости корабля в 15, 20 и 25 кило. Между тем, даже для освобождения от солнечного тяготения довольно секундной скорости в 16—17 кило.

Разложение атомов есть источник огромной энергии, как это видно из последней строки таблицы. Эта энергия в 400.000 раз больше самой могучей химической энергии. Недостаток ее в том, что она черезчур дорога, недоступна и истекает крайне медленно, хотя и тысячи лет. Если бы мы даже добыли кило радия (чего нет), то и тогда выделяемая им энергия дала бы только 15 килограметров в секунду, т.-е. труд рабочего. Значит, такой мотор, при одном весе с авиационным, по крайней мере, в 7 раз слабее последнего. Притом мы не имеем еще радиевого мотора, да и цена кило радия не меньше миллиарда рублей. Но нельзя быть уверенным в том, что не найдут современем дешевые и быстро выделяющие источники энергии.

Получение космических скоростей вообще. Мы можем такую скорость получить и на планете. Получив ее, мы удаляемся в эфирное пространство, блуждаем среди планет и даже среди звезд. Но если мы не имеем там, в пути, реактивного прибора, то движение наше будет подобно движению болида, т. е. оно не будет зависеть от нашей воли. Следовательно, без ракетного прибора обойтись все равно невозможно.

Получение скорости на Земле имеет большие преимущества, так как, двигаясь по ее поверхности, мы можем получать непрерывный приток энергии, не тратя запас.

Перечислю тут неосуществимые средства получения космических скоростей. 1) Невозможно пускать снаряд с вращающегося колеса или гигантской карусели, так как скорость по окружности колеса, независимо от его размеров, не может быть более 500 -1000 метров в секунду; а это скорость не космическая. Даже при этой скорости колесо должно разорваться от центробежной силы. Кроме того, ни один организм не выдержит ее действия даже при диаметре колеса в 1 километр. 2) Невозможна короткая пушка, так как относительная тяжесть в ядре раздробит организм. Даже пушка длиною в 6 кило мала. Приводится ли ядро в движение газом, взрывчатым веществом, электромагнитной силой — это все равно. 3) Невозможна вертикальная пушка, так как такие сооружения, при большой высоте неосуществимы. 4) Непрактична горизонтальная пушка, независимо от ее длины, так как при вылете ядро быстро потеряет почти всю свою скорость в плотном слое воздуха (см. табл. 2). Из 8 строки ее видно, что ракета в 10 тонн весом, с площадью поперечного сечения в 4 кв. метра, при горизонтальном движении у уровня моря, даже при космической скорости в 8 кило, теряет 20% своей кинетической энергии. Это при пролете в 50 кило. Но, ведь, при такой скорости она будет двигаться криволинейно не выйдет из атмосферы. Поэтому она потеряет быстро

Таблица 2.

Масса ракеты = 10 тонн. Площадь попер. сечения ракеты = 4 кв. м. Утилиз. формы = 100. Плв. = 0,0013 воды. Сопротивление воздуха и работа при постоянной скорости снаряда.

1. Сек. скорости в кило (1000 м.)	4	6	8	10	12	16	17
2. Давл. возд. на плоскость в 4 квадр. метра, в тоннах Д = 0,0001. Ск^2. 4 . . .	6400	14400	25600	40000	57600	102400	115600
3. Давлен. на ракету при утилизации во 100. Тонны	64	144	256	400	576	1024	1156
4. Работа ракеты при продвижении на 10 кило. Тысячи тонометров.	640	1440	2560	4000	5760	10240	11560

5. Если ракета весит 10 тонн, то для одоления земной тяжести нужна работа не менее 6.370.000 × 10 × 2 = 127.400.000 т. м. умножаем на 2, так как утилизируется не более 50% энергии взрыва.

6. Работа сопротивления по отношению к работе взрывчатых веществ в % . . Пробег 10 кило.	0,50	1,13	2,02	3,15	4,54	8,06	9,10
7. Тоже, но по отношению к работе движения снаряда. Проценты.	1,00	2,26	4,01	6,30	9,08	16,12	18,20
8. Тоже, при пробеге в 50 кило. Процен.	5,00	11,30	20,2	31,5	45,4	80,6	91,0
9. Если пустая ракета весит 1 тонну. Процент . . .	50	113	202	315	454	806	910
10. Пушка на выс. 8 кило, в 10 тонн, пробег 50 кило, работа в процентах.	1,5	3,4	6,0	9,4	13,6	24,2	27.3

всю скорость, или раньше того упадет на Землю. При 16 кило скорости она потеряет 80% своей энергии. Если же ракета имеет меньшую массу, т. е. без запаса взрывчатых веществ, напр., при массе в одну тонну, то уже при скорости в 4 кило она потеряет половину своей энергии. Массивность ядра много облегчает его полет. Из 10 стр. видно, что пушка на высочайших горах терпима, так как ядро даже при скорости в 12 кило теряет только 13,6% своей энергии. 5) Невозможно приобретение космической скорости на небольших круговых путях, так как центробежная сила убьет организм, хотя хорошо укрепленную в почве дорогу и не разрушит. 6) Непрактично и получение космической скорости на огромных путях, расположенных горизонтально по экватору, потому что сопротивление воздуха, как и в предыдущем случае, поглотит всю скорость движения. Колеса для движущегося космического экипажа (для облегчения трения) не пригодны.

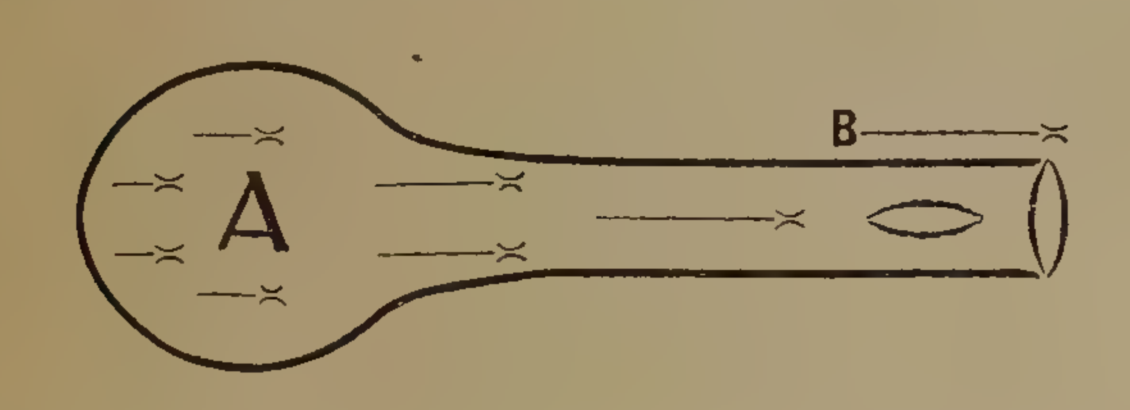
Некоторую степень возможности имеют газовые и в особенности электромагнитные пушки, длиною не менее 60 кило, расположенные наклонно в горах, так что их жерло выходит на высоте 8 кило, где воздух уже втрое разрежается.

О том, что пушки не могут быть коротки, много уже писалось. Повторим и мы несколько слов. Человек, даже погруженный в воду, едва ли может выдержать относительную тяжесть в сто раз большую земной. Следов., секундное ускорение движения ядра в пушке не может быть более 1000 метров (10×100). Если надо избавиться от тяготения Земли, то приходится в канале приобрести скорость в 12 кило. Это может совершиться в течение 12 секунд. Средняя скорость ядра будет 6000 м. В 12 сек. оно пройдет 72 кило. Такова и наименьшая длина пушки. Но, по всей вероятности, она в 10 раз больше, так как человек и в жидкости не выдержит более чем десятикратное утяжеление. Короткие стальные пушки пригодны лишь для бросания стальных же сплошных ядер. И такие пушки должны

быть, по крайней мере, в сто раз длиннее обыкновенных артиллерийских орудий, иначе и ядра, без людей, будут раздроблены.

С первого раза кажется, что газ, скорость частиц которого, при обыкновенной температуре не превышает 2 кило в сек., не может дать космических скоростей. Но это ошибка, которую мы сейчас выясним.

Представьте себе большой резервуар (А) с водородом или другим газом и примыкающий к нему цилиндрический ствол (В). На снаряд (В) производится



давление тем более постоянное, чем резервуар (А) больше сравнительно с об'емом цилиндра (В). Значит, в предельном случае, работа, получаемая ядром, пропорциональна длине ствола, а скорость ядра пропорциональна квадратному корню из этой длины. Следовательно, она неограниченно велика. Этот странный вывод (парадокс) об'ясняется тем, что работа совершается на счет всей газовой массы (А). А так как она может быть велика, то и отдаваемая ядру работа может быть громадной. Ведь, большую скорость получает только незначительная масса газа в стволе и сам снаряд. Остальная масса (А) имеет малую скорость, но зато она охлаждается. На счет этой выделенной огромной теплоты и получается работа движения ядра и газа в стволе (В). Ясно, что для приобретения наибольшей работы и скорости полезно подогревание газа струями

пара или другими приемами, которых множество. Удобно подогревание электрическим током через протянутые в (А) проводники.

В последующих вычислениях будем считать давление на ядро постоянным, т.-е. резервуар (А) очень большим, наполненным водородом и подогреваемым. На водород тяжесть действует в $14^{1}/_{2}$ раз слабее, чем на воздух (в отношении сгущения в низах) и потому мы примем, не смотря на большую высоту пушечного жерла, плотность газа во всей системе постоянной.

Получим уравнения 1... Дя = Да . Ча . Пщ

2... Уя : Уз = Дя : М   3... Ся = $\sqrt{2 . \text{Уя} . \text{Дп}}$

4... Вр = $\sqrt{2\text{Дп} : \text{Уя}}$ 5... То = Уя : Уз

Из этих формул найдем:

6... Уя = Уз . То   7... Дя = (М . Уя) : Уз

8... Ча = Дя : (Пщ . Да)   9... Дп = Ся^2 : (2Уя)

Тут (То) относительная тяжесть в ядре (Уя) — сек. ускорение ядра, (Дя) — давление на ядро, (Ча) — число атмосфер давления, (Дп) — длина пушки в кило, (Вр) — время пребывания в канале, (Пщ) — площадь сечения пушечного канала, (Ск) — наибольшая секундная скорость, (Д) — диаметр сечения ядра и канала.

С помощью этих формул составим прилагаемую табл. 3.

Из таблицы видно, что при сгущении газа в 10000 атмосфер и при длине пушки в 720 кило, можно получить сек. скорость в 380 кило. Между тем, как для одоления притяжения Солнца и блуждания в Млечном Пути надо лишь 17 кило скорости. Из 7 столбца табл. видно, что такая скорость получается при относительной тяжести во 100, при стократном сжатии газа и при длине пушки в 145 кило. Из 8 столбца видно, что 4 кило скорости получается при десятикратной тяжести, при сжатии в 10 атмосфер и при длине пушки

Таблица 3.

Ускорение земн. тяжести = Уз = 10. Масса ядра = М = 10.
Метры, тонны, секунды. Давление атмосферы = Да = 10.

То.	10	100	10	100	100	100	100
Уя.	10^2	10^3	10^2	10^3	10^3	10^3	10^3
Дя.	10^2	10^3	10^2	10^3	10^3	10^3	10^3
Ча.	10	100	10	100	100	100	100
Дп.	720	72	720	72	32	144,5	8
Вр.	120	38	120	38	8	17	4
Пщ.	1	1	10	10	1	1	1
Ск.	12	12	12	12	8	17	4
Д.	1,13	1,13	3,57	3,57	1,13	1,13	1,13
То.	10	1000	1000	1000	1000	10000	40
Уя.	10^2	10^4	10^4	10^4	10^4	10^5	400
Дя.	10^2	10^4	10^4	10^4	10^4	10^5	400
Ча.	10	10^3	10^3	10^3	10^3	10^4	10
Дп.	80	7,2	72	72	720	720	80
Вр.	40	1,44	3,8	3,8	12	38	20
Пщ.	1	1	1	10	10	10	4
Ск.	4	12	38	38	120	380	8
Д.	1,13	1,13	1,13	3,57	3,57	3,57	2,26

в 80 кило. Если поперечное сечение канала увеличить в 4 раза, или диаметр в 2 раза, то (стб. 14) скорость той же массы увеличится вдвое, т.-е. достигнет первой космической скорости (чтобы сделаться по близости Земли ее спутником). Длина пушки и сжатие газа останутся те же, но ускорение и относителяная тяжесть увеличатся вчетверо.

Электромагнитные пушки имеют большое преимущество, так как не требуют резервуара, гораздо осуществимее, экономнее и имеют обильный приток боковой энергии на всем их протяжении, легко подводимой проводниками из боковых станций.

Пушки, современем, могут иметь большое применение для массового отправления снарядов: для космических переселений в большом масштабе и как дополнение к ракетному способу. В самом деле, при получении с помощью пушки первой космической скорости в 8 кило, ядро возвращается обратно на Землю и расшибается, благодаря тому, что его скорость не параллельна экватору (или меридиану). Для первых важных достижений, т.-е. для поселений по близости Земли, но вне атмосферы, необходимо соединение пушечного метода с ракетным: ядро приобретает скорость меньшую 8 кило, но потом добавляет его взрыванием, как ракета. Так как направление взрывания переменно и зависит от нас, то снаряд может приобрести достаточную скорость по окружности, чтобы сделаться близкой и маленькой Луной Земли.

Без ракетного приспособления можно обойтись, когда цель снаряда (выброшенного из пушки) стать на орбиту Земли или пролететь по близости планет нашей системы. Также тогда, когда она должна освободиться от притяжения Солнца и блуждать среди иных солнц, в Млечном Пути.

Во всяком случае, пушки (и электромагнитные), вследствие своего большого протяжения, страшно дороги, мало осуществимы (в настоящее время), и притом реактивный прибор может обойтись и без них. Я только

указал, что они не представляют нелепости и могут, современем, когда космические переселения приобретут обширное применение, послужить также делу завоевания солнечных систем.

Ракета, в сравнении с пушкой то же, что бактерия в сравнении со слоном. Ракетою я называю реактивный прибор, который двигается отталкиванием вещества, запасенного **в нем заранее**. Нет машины и нет организма, которые не отталкивали бы от себя материи: человек выделяет непрерывно кожей пар, также и паровая машина, но действие это слабо в сравнении с другими силами, в них работающими, и потому такие приборы нельзя называть реактивными. **Ракета** подобна увеселительной ракете. Отличие ее от других экипажей и кораблей в том, что последние отталкивают вещество, вне их находящееся.

Пусть мы сначала имеем дело с невесомой энергией, каково электричество, массой которого можно пренебречь. Допустим также, что снаряд не подвержен силе тяжести и другим внешним силам. Тогда для двух неподвижных масс, отталкиваемых промежуточной невещественной силой, имеем, на основании закона сохранения количества движения:

$$12 \ldots \quad Мо \,.\, Ско + Мр \,.\, Скр = 0$$

Если скорость ракеты (Скр) примем положительной, то скорость отброса (Со) будет отрицательна, так как количество движения было нуль и не может измениться внутренними силами. (Мо) и (Мр) означают массы отброса и ракеты.

Работа, полученная ракетой, будет

$$13 \ldots \quad Рр = \frac{Мр}{2} \,.\, Скр^2.$$

Работа оттолкнутой массы будет:

$$14 \ldots \quad Ро = \frac{Мо}{2} \,.\, Ско^2.$$

Полезность ракеты или использование ею энергии будет:

$$15\ldots\ Пр = Рр : (Рр + Ро) = 1 : \left(1 + \frac{Ро}{Рр}\right) = 1 : \left(1 + \frac{Мо \, . \, Ско^2}{Мр \, . \, Скр^2}\right)$$

Но из первого уравнения видно, что

$$16\ldots\ Мо : Мр = -\,Скр : Ско.$$

Значит полезность ракеты:

$$17\ldots\ Пр = 1 : \left(1 - \frac{Ско}{Скр}\right) = 1 : \left(1 + \frac{Мр}{Мо}\right).$$

Отсюда ясно, что, чем меньше масса ракеты по отношению к массе отброса, тем использование ею энергии значительнее. Последняя формула дает таблицу (4).

Масса ракеты	Мр	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
М. отброса...	Мо	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Полезность ракеты......	Пр	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Тоже, в процентах	%	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Из нее видно, что полезность, на практике, не может быть полной, так как ракета всегда имеет какую-нибудь массу. При равных массах ракеты и отброса, использование составляет 50%.

Но не то будет, если снаряд со своим запасом уже имеет некоторую скорость, напр., полученную ею посредством электромагнитной пушки, взрыванием или как бы то ни было. Тут может быть интересный случай, когда использование энергии, независимо от массы отброса, может быть во 100%. Действительно, если ракета имеет, напр., один метр скорости, то, откидывая элемент отброса в противоположную сторону с относи-

тельной скоростью в один метр, получим малую частицу отброса с абсолютной скоростью в нуль. Ясно, что вся израсходованная работа пошла целиком на пользу снаряда. В разбираемом случае, вместо уравнения первого (1), получим:

$$18\ldots\ Мо(Ско+Ск)+Мр(Скр+Ск)=(Мо+Мр)\,.\,Ск.$$

По сокращении, получим формулу 12 и все вытекающие из нее выводы. Тут (Ск) есть общая первоначальная скорость системы до отбрасывания. Далее

имеем: $$19\ldots\ Рр=\frac{Мр}{2}\left(Скр+Ск\right)^2$$

$$20\ldots\ Ро=\frac{Мо}{2}\left(Ско+Ск\right)^2$$

$$21\ldots\ Пр=1:\left\{1+\frac{Мо(Ско+Ск)^2}{Мр(Скр+Ск)^2}\right\}.$$

По 18 или 12, вместо этого, найдем:

$$22\ldots\ Пр=1:\left\{1+\frac{Скр(Ско+Ск)^2}{Ско(Скр+Ск)^2}\right\}.$$

Если ракета имеет прибавку скорости (по тому же направлению, конечно), то отброс имеет скорость отрицательную. Если еще скорость отброса = общей скор. ракеты (Ск = Ско), то числитель в 22 формуле равен нулю и потому Пр = 1, то есть использование энергии будет полное, или составит 100%. **Значит, выгодно, чтобы частицы отброса отталкивались в прямо-противоположную сторону от движения снаряда, со скоростью самой ракеты.** Тогда получим идеальное использование (Пр) затраченной работы.

Но мы имеем в виду от данной запасенной массы отброса получить наибольшую скорость снаряда. Выгодно с отбросом соединять энергию, чтобы самый отброс был в то же время и источником энергии.

Иначе дело будет хуже. Действительно, если мы возьмем, напр., песок для отброса и углерод с кислородом (как соединение энергии с отбросом), то мы менее выгадаем, чем если возьмем в запас одни горючие вещества.

Во втором случае, при одной массе запаса, энергия на единицу массы запаса будет больше и потому получится большая скорость отброса, а, стало быть, и ракеты. Вообще, энергия материальна. Даже электричество и свет материальны, не говоря уже про взрывчатые вещества. Чтобы снаряд получил наибольшую скорость, надо, чтобы каждая частица продуктов горения или иного отброса получила наибольшую относительную скорость. Она же постоянна для определенных веществ отброса. Что толку, если мы с'экономим энергию, не имея отброса. Экономия энергии тут не имеет места: невозможна и невыгодна. Другими словами: **в основу теории ракеты надо принять постоянную относительную скорость частиц отброса.**

Другое дело — реактивный аэроплан, который может воспользоваться воздухом, как предметом отброса. Тут выгодно экономить запасенную энергию, которая, между прочим, должна быть использована и как отброс. Но такой снаряд не есть чисто реактивный прибор.

Может быть еще такой случай, когда помимо энергии отброса мы имеем еще приток энергии извне. Этот приток может подаваться с земли во время движения снаряда в виде лучистой энергии с тою или другою длиною волн, также в форме альфа и бета частиц, также от Солнца.

Земной приток энергии заманчив, но мало данных для его обсуждения. Солнечный же приток энергии имеет место, когда уже ракета вне атмосферы. В обоих случаях запасный отброс не нужен, так как энергия, притекающая извне, сама содержит отброс в виде альфа и бета частиц. Надо только уметь направить их в сторону, противоположную желаемому направлению ракеты. Дело будет яснее, если мы запасаем радиоактивное вещество. Скорость частиц его так громадна, что запас

его может быть очень мал, в сравнении с массой ракеты. Так что эта последняя может считаться **постоянной**, как и при энергии, притекающей извне.

В таком случае имеем:

$$23 \ldots \frac{dСкр}{Co} = \frac{dMo}{Mp}.$$

(Co) есть относительная скорость частиц отброса, напр., частиц альфа. Интегрируя, получим, предполагая постоянное направление отбрасывания:

$$24 \ldots \quad Скр = \frac{Co}{Mp} \cdot Mo + Пост.$$

(Пост) есть начальная скорость ракеты до отбрасывания или взрывания. Если она равна нулю, то:

$$25 \ldots \quad Скр = \frac{Mo}{Mp} \cdot Co.$$

Из формулы видно, что окончательная скорость снаряда пропорциональна относительному запасу отброса (или, вообще, отбросу, так как запаса может не быть) и относительной скорости отброса (напр., частиц альфа).

Если $Co = 3.10^8$ м., $Mo = Mp$, то $Скр = 3.10^8$ м. Эта скорость в 18.000 раз больше той, какая нужна для одоления притяжения солнца. Энергия же этого движения в 324 миллиона раз больше, чем нужно. Летя с такой скоростью, эфирный корабль достигнет ближайшего солнца или ближайшей иной солнечной системы в 4 года. Тут предполагается заимствование энергии извне. Для применения формулы к радиоактивному веществу, надо, чтобы отношение (Mo : Mp) было мало. Если, напр,, оно равно 0,1, то для достижения иного соседнего солнца потребуется 40 лет.

От Солнца нельзя набрать так много частиц, ибо при удалении от Солнца приток их почти прекра-

щается. Известные радиоактивные вещества, кроме того, разлагаются очень медленно и дают в секунду очень недостаточную работу. Количество их, имеющееся в руках человека, также ничтожно. Но будущее неизвестно: земной шар и его вещества мало исследованы. Он может дать еще много неожиданного.

Положим в форм. 25 : Со $= 30 . 10^6$м, а Скр $= 17 . 10^3$, т.-е такую скорость снаряда, которая только немного больше требуемой для вечного удаления от Солнца.

$$\text{Получим: } 26 \ldots \frac{Mo}{Mp} = \frac{Cкр}{Cко} = 0{,}00057$$

Значит, относительная масса отброса или радиоактивного вещества составляет в этом случае около $^1/_{2000}$ массы снаряда. Если, например, он весит тонну, то масса отброса составит только 568 грамм, или меньше полутора фунта. Масса отброса так мала, что масса ракеты может считаться постоянной и формулы применимы почти без погрешности при употреблении будущих пригодных радиоактивных веществ, если только скорости их частиц такого же порядка, как скорости альфа (электричество или радий).

Каково же будет использование энергии? Имеем:

$$27 \ldots Pp = \frac{Mp}{2} . Cкр^2 \qquad 28 \ldots Po = \frac{Mo}{2} . Co^2$$

Использование будет (см. 23):

$$29 \ldots Илз = 1 : \left(1 + \frac{Mo}{Mp} \cdot \frac{Cко^2}{Cкр^2}\right) \quad \text{С помощью 26}$$

$$\text{получим: } 30 \ldots Илз = 1 : \left(1 + \frac{Cко}{Cкр}\right) = 1 : \left(1 + \frac{Mp}{Mo}\right).$$

Когда имеем дело с радиоактивными веществами или с энергией, притекающей извне, то отношения в последней формуле очень велики и потому имеем:

$$31\ldots\ Плз = \frac{Скр}{Ско} = \frac{Мо}{Мр}.$$ Так в разобранном случае, когда Мр : Мо = 1765, использование составляет около одной двухтысячной. Хотя использование не выгодно, но зато запас отброса ничтожен.

Во Франклиновом колесе использование выгоднее, потому что частицы приводят в движение сравнительно огромную массу воздуха (электрический ветер). Но в пустоте использование энергии так мало, что колесо не вращается, т.-е. получаемая работа не может одолеть трения. Принцип Франклинова колеса мог бы иметь применение при полете снаряда в воздухе.

Превращение тепловой энергии в механическое движение. Обратимся к взрывчатым веществам. Источник их энергии есть химическое сродство. В общем они дают лишь теплоту, т.-е. беспорядочное движение частиц (молекул). Нужны особые машины, чтобы получить из такого движения (из теплоты) движение частиц согласованное, параллельное, в одну сторону, одним словом, движение простое, видимое. Для реактивного аппарата надо, чтобы возможно большая часть тепловой или химической энергии частиц превратилась в их согласованное поступательное движение. Тогда исчезает теплота, а взамен ее мы получаем механическое движение или быстро движущуюся струю. Для этого употребляют длинную трубу. В одном конце ее происходит взрыв или горение, а из другого стремительно вылетают газы и пары. Стенки трубы имеют свойство беспорядочное (в разные стороны, колеблющееся), тепловое или химическое движение (незаметное, ощущаемое как теплота) направлять в одну сторону, превращать в поток, подобный речному. Но необходимо, чтобы продукты горения были газообразны или парообразны

(летучи), с возможно низкой температурой ожижения. Если это так, то газ, расширяясь в трубе, все более и более охлаждается, теплота исчезает, заменяясь газовой струей. Если труба короткая, то газ вырывается из нее, имея высокую температуру, и энергия ее не будет использована (так бывает в пушках и ружьях). После выхода из трубы, газ продолжает расширяться и охлаждаться, но движение происходит в разные стороны, что для нас не пригодно. Еще хуже, если взрыв происходит без трубы. Черезчур длинная труба выгодна, но она обременит своей массой ракету и потому тоже не годится.

При шестикратном расширении газов, абсолютная температура понижается вдвое. Использование тепла будет в 50%. При расширении в 36 раз используется уже 75% и т. д. Итак, труба должна быть настолько длинна, чтобы газ, при выходе, расширился, по крайней мере, в 36 раз. Еще лучше—в 1300 раз. Тогда пропадет только 5% всей тепловой энергии. Совершенно непригодны вещества, дающие нелетучие продукты, например, окись кальция: энергия велика, но использовать ее трудно, так как нет газа (он есть только при очень высокой температуре, как на Солнце), нет расширения. Энергия превращается в лучистую и теряется в эфире. Терпимы парообразные продукты, в особенности в смеси с газообразными. Например, при сгорании углеводородов с кислородом или с его азотными соединениями, выделяются газы (углекислый, азот) и пары воды. При сильном расширении прежде ожижаются в капли пары воды. Но, в присутствии газов, они передают свою теплоту газам, которые и используют их энергию. Также может быть использована и энергия, выделяемая при замерзании воды. Абсолютная температура взрывающихся газов в первый момент должна бы достигать 10.000 градусов; но при такой температуре только малая часть элементов находится в соединении, остальная разложена. Первая, сложная часть, только при расши-

рении своем и понижении температуры постепенно возрастает. Поэтому температура взрывающихся веществ, на деле, едва ли превосходит 3000 градусов. На этом основании в последующей 5 таблице, мы выражаем числами не степень тепла, а степень потенциальной энергии. Впрочем, начиная с тысячи, двух тысяч, это уже будет приблизительная температура.

Таблица 5.

Использование теплоты в трубе.

Расширение газов. . . .	1	6	36	216	1300	7800	46800
Температ. абсолютная или энергия	10000	5000	2500	1250	625	312	156
Температ. по Цельсию . .	9727	4727	2227	977	352	39	—147
Использование тепла в процентах.	0	50	75	87	95	97	98,4
Потеря в процентах . . .	100	50	25	13	5	3	1,6
Примерн. плотн. газов по отношению к воздуху. . . .	1000	167	28	4,6	0,77	0,13	0,02

Как видно, даже при использовании в 95% температура еще составляет 352°Ц. При ней пары в ожижение притти не могут, и потому не используется, при таком расширении, даже скрытая теплота ожижения. Значит, выгодно дальнейшее расширение, возможное лишь в пустоте. Тогда труба еще должна удлиниться.

Взрывание при высоком давлении особенно необходимо во время полета в атмосфере. Взрывание не мо-

жет давать давление меньшее атмосферного, ибо, в противном случае, не будет расширения и потока. Но и при много превышающем давлении, использование будет тем меньше, чем ниже давление в сравнении с воздушным. Если, например, давление газов в 6 раз больше воздушного, то использование не может быть больше 50%. Если давление газов в 36 раз больше давления среды, то использование меньше 75% (см. табл. 5).

В пустоте—другое дело. Там упругость взрывающихся газов может быть очень мала, только труба будет шире, все же ее останется почти без изменения. Мы не теряем в использовании, теоретически, ни при каком самом малом давлении взрыва, если только ракета в пустоте. Итак, выходит, что в начале полета снаряда давление в трубе должно быть очень высокое в сравнении с атмосферным; затем, по мере поднятия, это давление может пропорционально понижаться, а в эфире, вне воздуха, может быть как угодно слабо. На практике это мало применимо, так как труба должна быть для этого то узкой с толстыми стенками, то широкой со стенками тонкими.

Надо выбрать среднее давление, превышающее, конечно, атмосферное, и его придерживаться до получения устойчивого положения, подобного положению небесных тел. После этого давление может быть произвольно малым.

Давление одних и тех же взрывных веществ может изменяться от 5000 атмосфер до желаемо малой величины. Дело в том, что в одной и той же трубе сила взрыва зависит от тщательности смешения элементов горения. Смешение может быть так совершенно, так тесно, что взрыв будет почти моментальный. И, наоборот, он может быть медленным, как горение при плохом смешении, когда части соединяющихся веществ очень крупны. Этим путем и регулируется давление. Так более или менее сильное действие пороха зависит от его приготовления.

При высоком давлении использование энергии велико, но требуется неодолимо большая работа для вталкивания масс во взрывную трубу. Поэтому надо, по возможности, не очень теряя в использовании, понизить максимальное давление в трубе. В температуре мы тут не выигрываем. Она неизбежно высокая, именно 3—4 тысячи градусов Ц. Искусственное охлаждение наружных стенок трубы необходимо.

Мы можем сейчас указать на потребный минимум давления. Он определяется влиянием атмосферы, ее давлением. Если начать полет с высоких гор, то атмосферное давление можно принять в 0,3 кило на квадратный сантиметр. Это составляет около трети давления при уровне океана. Значит, при вылете газы трубы не должны иметь меньше 0,3. В начале же трубы давление должно быть, по крайней мере, в 36 раз больше (использ. 75%). Итак, максимальное давление газов не должно быть менее 10 атмосфер. В нижних же слоях—не менее 30 атмосфер. Во всяком случае, можно ограничиться ста атмосферами.

Рассчитаем величину площади основания взрывной цилиндрической трубы при этом давлении. Если ракета весит тонну, а со взрывным материалом 5 тонн, если давление на нее от взрывания в 2 раз превышает ее вес, то надо получить давление на дно трубы в 10 тонн. Площадь основания трубы будет равна ста квадратным сантиметрам. Диаметр круглой площади основания составит 11,3 сантиметра. Мы уже говорили, как получить низкое давление: чем крупнее элементы взрыва, т.-е. чем хуже они размешаны, тем взрыв слабее. Все же в запертом пространстве, в конце концов, давление достигнет огромной величины. Но, во-первых, труба широка и открыта, во-вторых, размешивание таково, что давление получается какое нам нужно. Повторяю, что мы нисколько не теряем энергии горения от слабого давления. При беспорядочном взрыве (взрыве частном в общей массе) происходит охлаждение и

бурное движение (порыв). Но движение, не совершая работы, тут же превращается в теплоту и температура восстановляется. Физики хорошо это понимают. Если использование энергии и будет хуже при малом давлении, то виновата в этом атмосфера. Она не позволяет взрывчатым веществам расширяться неограниченно. Но зато, при большом давлении, труба будет короче, что составляет экономию веса. В пустоте, увеличивая длину трубы, мы можем довести использование энергии горения почти до 100%; но длина трубы будет тогда обременительно велика. Я много раз доказывал, что работа вталкивания взрывных материалов в трубу довольно велика, и при наибольшем давлении не одолима. Для избежания этого, можно сделать так, чтобы давление в начале трубы периодически менялось, например, от 200 атмосфер до нуля и от нуля до 200. Оно будет волнистым. Среднее давление может быть в этом случае очень велико, лишь бы перенес его человек. Взрывчатые вещества тут должны вталкиваться в моменты слабейшего давления, периодически. Тогда работа вталкивания будет ничтожна, а использование теплоты или химического сродства гораздо больше. В воде же толчки не отразятся вредно на человеке.

Движение ракеты от взрывания в пустоте и в среде свободной от тяжести. Хотя и не выгодно давать отбросу относительную скорость, большую или меньшую абсолютной скорости снаряда, но при употреблении взрывчатых веществ относительная их скорость, по неволе, постоянна. Чем она, вообще, больше, тем большую скорость получает аппарат. Если так, то сначала скорость частиц отброса больше скорости ракеты и использование очень мало, затем обе скорости равны, использование полное. Далее, скорость отброса меньше и использование уклоняется от полного. Короче, использование энергии или переход ее в движение ракеты начинается с нуля, постепенно возрастает, доходит до 100%, затем непрерывно уменьшается, спускаясь в пределе до нуля.

При взрывании мы имеем две потери. Прежде всего не вся энергия тепла превращается в движение отброса. Но чем длиннее труба и чем газообразнее продукты отброса, тем эта потеря меньше. В пределе она нуль. На практике использование не должно быть меньше 75%. Вторая потеря зависит от того, что отброс имеет одну и ту же относительную наибольшую скорость, не равную ускоряющемуся движению снаряда. Как увидим, эта потеря, при космических скоростях, составляет не менее 35%, а использование — не более 65%. В среде тяготения, в которой мы живем на Земле, оно меньше. Если принять вторичное использование в 50%, то ракета превращает в свое движение около 37% (0,75×0,5) всей потенциальной энергии взрывчатых веществ.

Имеем в пустоте и в среде свободной от тяжести

$$32\ldots \quad Ско \,.\, dMo + Mp \,.\, dСкр = 0.$$

Но (Mp) состоит из постоянной массы (M_1) (т.-е. из снаряда, людей, запасов и разных принадлежностей) и переменной массы взрывчатых веществ, которые, сгорая, выбрасываются из ракеты. Значит, $Mp = Mp_1 + Mo$. Теперь, вместо 32, получим:

$$33\ldots \quad Ско \,.\, dMo + (Mp_1 + Mo) \,.\, dСкр = 0$$

Отсюда $$34\ldots \quad -Ско \,.\, \frac{dMo}{Mp_1 + Mo} = dСкр.$$

Интегрируя, найдем:

$$35\ldots \quad Скр = -Ско \,.\, Le\,(Mp_1 + Mo) + Пост.$$

(Le) означает натуральный логарифм. Допустим, что при начале взрывания ракета не двигалась, т.-е $Скр = 0$ и $Mo = Mo_1$. Тогда из (35):

$$36\ldots \quad Пост = Ско \,.\, Le(Mp_1 + Mo_1).$$

Следовательно: $$37\ldots \quad Скр = Ско \;\; Le\left(\frac{Mp_1 + Mo_1}{Mp_1 + Mo}\right).$$

Наибольшую скорость получает ракета, когда израсходует весь запас взрывчатых веществ, или когда $Mo = 0$.

В таком случае 38... $Скр_1 = Ско . Le\left(1 + \frac{Mo_1}{Mp_1}\right)$.

Из последней формулы видно: 1) Максимальная скорость снаряда (Скр) тем больше, чем большую скорость имеет отброс (Ско). 2) (Скр) может беспредельно возрастать с увеличением относительного количества $\left(\frac{Mo_1}{Mp_1}\right)$ отброса. Но возрастание это, сначала довольно быстрое, потом делается все более и более медленным. Если отношение ($Mo_1 : Mp_1$) очень мало, то математики легко докажут, что $Скр_1 = Ско . \frac{Mo_1}{Mp_1}$. Значит, в этом случае ($Скр_1$) пропорциональна запасу (Mo_1). Напротив, в пределе, когда отношение (см. 38) очень велико $Скр_1 = Ско . Le\left(\frac{Mo_1}{Mp_1}\right)$, т.-е. возрастание скорости будет чрезвычайно медленное. 3) Скорость ракеты не изменяется, если отношение ($Mo_1 : Mp_1$) остается постоянным. Отсюда видно, что космическая скорость не зависит от абсолютной величины массы снаряда. Иными словами, масса снаряда и его нагрузка произвольно велика, если не считаться с иными условиями. 4) Окончательная ($Скр_1$) не зависит от порядка взрывания. Проходит ли оно равномерно или нет, секунды или тысячелетия—это все равно. Даже перерывы ничего не значат.

Из 34 найдем: 39... $\frac{+dСкр}{dBp} = \frac{Ско}{Mp_1 + Mo} \cdot \frac{dMo}{dBp}$.

Первая часть выражает секундное ускорение в движении ракеты, т.-е. силу рожденной в ней относитель-

ной тяжести (хотя кругом, по нашему условию, тяжести нет). Как видно (39), она пропорциональна интенсивности в расходе материала (dMo : dBp). Кроме того, по мере его (Mo) израсходования, кажущаяся тяжесть увеличивается, так как (Mo) уменьшается. Чтобы относительная тяжесть оставалась неизменной, необходимо постепенное ослабление интенсивности взрыва. Тогда из 39 получим:

$$39_1 \ldots \frac{Cко}{Mp_1 + Mo} \cdot \frac{dMo}{dBp} = To,$$ где (To) есть постоянная относительная тяжесть. Отсюда:

$$39_2 \ldots \frac{Cко \,.\, dMo}{Mp_1 + Mo} = To \,.\, dBp.$$

Интегрируя, получим:

$$39_3 \ldots \; Cко \,.\, Le(Mp_1 + Mo) = To \,.\, Bp + Пост.$$

Если $Mo = Mo_1$, то $Bp = 0$, следовательно:

$$39_4 \ldots \; Bp = \frac{Cко}{To} \,.\, Le\left(\frac{Mp_1 + Mo_1}{Mp_1 + Mo}\right).$$

Если $Mo = 0$, т.-е. весь взрывчатый материал исчерпан, то

$$39_5 \ldots \; Bp_1 = \frac{Cко}{To} \,.\, Le\left(1 + \frac{Mo_1}{Mp_1}\right)$$

Значит, время всего взрывания обратно получаемой относительной тяжести и увеличивается с массой отброса.

Из (39_1) найдем: $$39_6 \ldots \frac{dMo}{dBp} = \frac{Mp_1 + Mo}{Cко + To}.$$

Отсюда видно, что наименьшая интенсивность взрывания или наименьшая их потеря бывает при конце взрывания, когда (Mo) осталось мало, а наибольшая — вначале, когда $Mo = M_1$.

В первом случае $39_7 \ldots \frac{dMo}{dBp} = \frac{Mp_1}{Cко + To}$,

а во втором $39_8 \ldots \frac{dMo}{dBp} = \frac{Mp_1 + Mo_1}{Cко + To}$.

Отношение наибольшего расхода (в начале) к наименьшему (в конце) будет: $39_9 \ldots 1 + \frac{Mo_1}{Mp_1}$. Чем больше отношение ($Mo_1 : Mp_1$), тем сильнее изменяется расход взрывчатого материала и, обратно, он почти постоянен при малом отношении. На практике силу взрывания изменять неудобно, проще переносить непостоянную тяжесть, погрузивши людей и другие нежные предметы в жидкость.

Время взрывания всего запаса, при его равномерности, когда ускорение ракеты и относительная тяжесть возрастают, но расход взрывчатых веществ один и тот же, можно выразить еще так:

$$39_{10} \ldots \quad Bp_1 = Mo_1 : \frac{dMo}{dBp}.$$

Тут производную можно заменить секундным расходом взрывчатого вещества. То же время, при равномерном ускорении ракеты и постоянной относительной тяжести в снаряде (39_1), но неравномерном расходе отброса, будет равно:

$$39_{11} \ldots Bp_1 = Cкp_1 : Уp = Cкp_1 : \frac{dCкp}{dBp}.$$

Производная тут выражает постоянное прибавление скорости снаряда в секунду.

Интересно знать, какая часть полной работы движущихся частиц отброса передается ракете. Имеем:

$$40 \ldots Po = 0{,}5\ Mo_1 . Cко^2 \quad 41 \ldots Pp = 0{,}5 . Mp_1 . Cкp_1^2.$$

Отсюда: 42… $Pp_1 : Po = \frac{Mp_1}{Mo_1} \cdot \left(\frac{Скр_1}{Ско_1}\right)^2$, или, на основании 38_9 : 43… $\frac{Pp}{Po} = \frac{Mp_1}{Mo_1} \left\{ Le\left(1 + \frac{Mo_1}{Mp_1}\right)\right\}^2$.

Отсюда можно вычислить, что использование не может быть больше 65%, а для получения космических скоростей оно может быть принято в 50%. Если запас взрывчатого вещества сравнительно не велик, то приблизительно получим вместо (43):

$$45\ldots\ Pp : Po = Mo_1 \,.\, Mp_1 \text{ или, точнее:}$$

$$46\ldots\ Pp : Po = \frac{Mo_1}{Mp_1}\left(1 - \frac{Mo_1}{Mp_1}\right).$$

Можно получить еще более точную формулу, зная, что

$$44\ldots\ Le(1 + x) = x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} \ldots$$

Из формул видно, что сначала, когда запас мал, полезность возрастает пропорционально запасу, затем медленнее, достигает наибольшей величины, потом медленно уменьшается и, в пределе, достигает нуля.

Отношение ($Mp_1 : Mo_1 = x$), соответствующее наибольшей полезности, определяются уравнением:

$$Le(1 + x) = \frac{2x}{1 + x}.\ (x) \text{ близко к } 4$$

(т.-е. запас превышает вес ракеты в 4 раза), а использование 65%.

Кроме того, что мы вывели аналитически из таблицы, видим, что наибольшее использование (до 65%) энергии отброса бывает тогда, когда вес его в 4 раза больше веса ракеты. Но процент использования, вообще, не мал (около 50%), когда относительное количество отброса колеблется от 1 до 20, а соответствующие скорости от 3000 м. до 15000. Это вполне достаточные

Таблица 6.

Отношение массы отброса к массе ракеты $Mo_1 : Mp_1$.	(Скр), если скорость отброса=5000 м. форм. 38.	($Скр_1$), если скорость отброса=4000 м. форм. 38.	Использование Пр=Плв (в процентах) форм. 43.	Приблизител. поднятие в кило при постоян. земн. тяжести.
0,1	472,5	378	8,87	11,4
0,2	910	728	16,55	42
0,3	1310	1048	22,9	92
0,4	1680	1344	28,2	138
0,5	2025	1620	32,8	204
0,6	2345	1876	36,7	280
0,7	2645	2116	40,0	357
0,8	2930	2344	42,9	440
0,9	3210	2568	45,8	520
1	3465	2772	48,0	607
1,5	4575	3660	55,8	650
2	5490	4392	60,3	1520
3	6900	5520	63,5	2430
4	8045	6436	64,7	3300
5	8960	7168	64,1	На деле поднятие выше, ибо тяжесть ослабляется.
6	9730	7784	63,0	
7	10395	8316	61,7	
8	10985	8788	60,5	
9	11515	9212	58,9	
10	11990	9592	57,6	
15	13865	11092	51,2	
20	15220	12176	46,3	
30	17170	13736	39,3	
50	22400	17920	31,0	
100	26280	21040	21,0	
193	30038	24032	14,4	
∞	∞	∞	0	

космические величины. Две скорости таблицы относятся к разным взрывчатым материалам. Большая — к чистым — водороду и кислороду. Меньшая — к углеводородам и эндогенным соединениям кислорода. Для наглядности, я прибавляю пятый столбец, который показывает в кило наибольшее поднятие тела при земной и **постоянной** тяжести.

Наше исследование применяется в следующих случаях: 1) в среде без тяжести, напр., между солнцами или млечными путями, где тяжесть близка к нулю; 2) на малых астероидах, малых лунах (луны Марса) и на всех малых небесных телах, напр., на кольцах Сатурна, где тяжестью тоже можно пренебречь; 3) на орбите Земли; 4) в каждом месте любой солнечной системы, на каком угодно расстоянии от небесного тела, если снаряд вне атмосферы и приобрел или не приобрел скорость, препятствующую ему задевать небесное тело или его атмосферу.

Потом увидим, что для избежания потери энергии, направление взрывания должно быть нормально к равнодействующей силе тяготения.

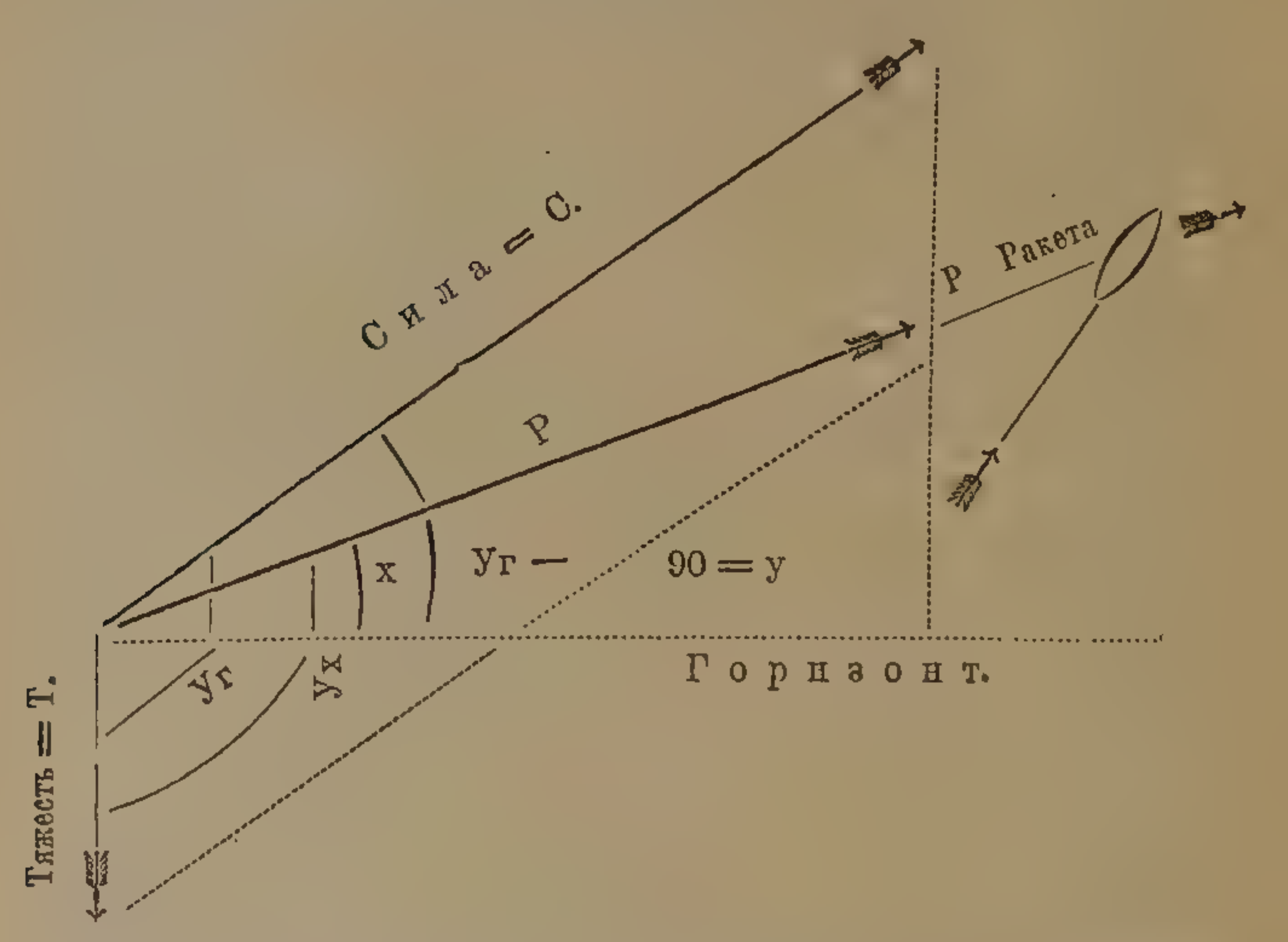
Отсюда видно, что достаточно только освободиться от планетной атмосферы и сделаться спутником этой планеты, хотя бы на очень близком от нее расстоянии, чтобы дальнейшее движение и перемещение по всей вселенной было совершенно обеспечено. Действительно, взрывание тогда может быть очень слабым, а энергия, потребная для этого, может быть заимствована от энергии Солнца. Опорный материал дадут частицы альфа и бета, повсюду рассеянные, или болиды, космическая пыль и другая небесная мелочь.

Первый великий шаг человечества состоит в том, чтобы вылететь за атмосферу и сделаться спутником Земли. Остальное сравнительно легко, вплоть до удаления от нашей солнечной системы. Но я, конечно, не имею в виду спуск на массивные планеты.

Движение ракеты в среде тяжести, в пустоте. Устраним мысленно атмосферу или вообразим себя на Луне

или другой планете, имеющей сушу и не окруженной газами или парами. Медленным вращением планеты пренебрегаем. Полет снаряда может быть: 1) отвесным, 2) горизонтальным и 3) наклонным.

Разберем вопрос вообще (см. черт.).



На ракету действует сила тяжести (Т), выражаемая секундным ускорением, затем сила взрывания по направлению длинной оси снаряда (С). Между направлениями этих сил образуется данный угол (Уг), больший 90°. Угол силы взрывания с горизонтом будет Уг — 90 = У. Это будут три данных величины. Неизвестны: направление движения ракеты, определяемое углом (Ух) или углом (Х) и величина равнодействующей (Р), т.-е. секундное истинное ускорение снаряда (Р).

Тригонометрия нам даст (см. черт.):

$$Уг = У + 90; \quad \sin(Уг) = \operatorname{Cos}(У); \quad \operatorname{Cos}(Уг) = -\sin(У);$$

$$\operatorname{Cos}(Ух) = -\sin(x); \quad x = Ух - 90; \quad \operatorname{tg}(Ух) = \operatorname{ctg}(x).$$

$$48\ldots \quad tng(Ух) = Ctg(x) = \frac{C \,.\, cin(Уг)}{T + C \,.\, Cos(Уг)} =$$
$$= \frac{C \,.\, Cos(У)}{T - C \,.\, sin(У)}.$$

$$49\ldots \quad P = \sqrt{C^2 + T^2 + 2C \,.\, T \,.\, Cos(yг)} =$$
$$= \sqrt{C^2 + T^2 - 2C \,.\, T \,.\, sin(y)}.$$

Известный угол (У) и неизвестный (X) проще, потому что они меньше прямого и определяют наклоны к горизонту силы взрывания (также оси ракеты) и равнодействующей (истинное направление движения снаряда).

Каково же будет использование в среде тяжести, в пустоте?

$$65\ldots \quad Pp' = 0{,}5 \; Mp_1 \,.\, Скр_1^{\,2} + Pп.$$

(Рп) есть работа поднятия ракеты, а (Рр) — работа ракеты.

$$66\ldots \quad Pп = -Cos(Ух) \,.\, Пр \,.\, Mp_1 \,.\, T = + Sin(X) \,.\, Пр \,.\, Mp_1 \,.\, T.$$

(Пр) означает величину пролета или длину пути снаряда.

Если (Р) и (С) будут постоянны, то:

$$67\ldots \quad Пр = \frac{Скр_1^{\,2}}{2 \,.\, P} \text{ и (из 65 — 67)}$$

$$68\ldots \quad Pp = 0{,}5 \,.\, Mp_1 \,.\, Скр_1^{\,2} \left\{ 1 + Sin\;(X) \,.\, \frac{T}{P} \right\}. \text{ Далее}$$

$$69\ldots \quad Po = 0{,}5 \;\; Mo_1 \,.\, Ско^2. \text{ Из 68 и 69:}$$

$$70\ldots \quad Илз = Pp : Po = \frac{Mp_1}{Mo_1} \cdot \frac{Скр_1^{\,2}}{Ско_1^{\,2}} \left\{ 1 + sin(x) \,.\, \frac{T}{P} \right\}.$$

Из тригонометрии известно для всякого угла:

$$71\ldots\quad \mathrm{Cos}(Ух) = \frac{\mathrm{Ctg}(Ух)}{\sqrt{1+\mathrm{Ctg}^2(Ух)}}.$$ Отсюда и 48:

$$72\ldots\quad \mathrm{Cos}(Ух) = \frac{T + C.\mathrm{Cos}(Уг)}{\sqrt{C^2.\sin^2(Уг) + \{T + C.\mathrm{Cos}(Уг)\}^2}} =$$

$$= -\sin(x) = \frac{T - C.\sin(y)}{\sqrt{C^2.\mathrm{Cos}^2(y) + \{T - \sin(y)\}^2}}.$$

Из 70 теперь можем исключить неизвестный Sin (X). Но надо еще исключить и ($Скр_1$). Имеем:

$$39_7\ldots\quad Вр_1 = \frac{Cко}{To}.\,Le\left(1 + \frac{Mo_1}{Mp_1}\right).$$

Это есть полное время взрывания при постоянной относительной тяжести ($T\bar{o}$).

Но $To = C$ и $Скр_1 = P.Вр_1$ . . . 74.

Следовательно, (из 39_7 и этого):

$$75\ldots\quad Скр_1{}^2 = P^2\frac{Cко^2}{C^2}\left\{Le\left(1 + \frac{Mo_1}{Mp_1}\right)\right\}^2.$$

Теперь из 70, 72 и 75 найдем:

$$77\ldots\quad Плз = \frac{P^2Mp_1}{C^2Mo_1}.\left\{Le\left(1 + \frac{Mo_1}{Mp_1}\right)\right\}^2.$$

$$.\left\{1 \pm \frac{T\{T - C.\sin(y)\}}{\sqrt{C^2.\mathrm{Cos}^2(y) + \{T - C\sin(y)\}^2}\sqrt{C^2 + T^2 - 2C.T\sin(y)}}\right\}$$

Когда тяжести нет, $T = O$ и $P = C$. В этом случае последняя формула дает форм. 43. Определим по 77 использование (Плз) в том случае, когда взрывание горизонтально, т. е. когда $У = O$. Тогда опять получим формулу 43. Легко и так видеть, что при направлении

взрывания, нормальном к силе тяготения (горизонтальном), использование такое же, как при полном отсутствии тяжести. Близко к планете (у самой поверхности) горизонтальное взрывание не применимо, так как ракета, понижаясь, заденет за почву. Но на некоторой высоте, даже в воздухе, оно возможно, а также тогда, когда ракета, в силу приобретенной космической скорости, уже не может задеть за атмосферу и носится, как небесное тело. Оно еще применимо к планетам без атмосфер, при движении снаряда по горизонтальному гладкому пути. Далее увидим и применение к движению в атмосфере.

Можем проверить форм. 77 еще на одном частном случае. Положим, что движение снаряда отвесно, т.-е. У = 90° и Р = С — Т. Тогда найдем:

$$80\ldots\quad Плз = \frac{Мр_1}{Мо_1}\left\{Le\left(1+\frac{Мо_1}{Мр_1}\right)\right\}^2\left(1-\frac{Т}{С}\right).$$

Эта же формула была выведена ранее и содержится еще в печатных трудах 1903 г. Из нее видно, что отвесное движение ракеты очень не выгодно, в особенности, когда (С) немного превышает тяжесть. Напротив, чем больше сила взрывания (С) по отношению к (Т), тем потеря меньше и (Пзн) больше. Сравнивая полезность в свободной от тяжести среды (43) с полезностью в среде тяготения при отвесном движении (80) видим, что последняя полезность меньше первой в $1:\left(1-\frac{Т}{С}\right)$. Относительная потеря выражается дробью Т:С. Если, например, сила взрывания в 10 раз больше веса ракеты, то потеря составит 0,1. Но когда обе силы равны, то потеря равна 100%. Т.-е. вся энергия теряется безрезультатно для снаряда. Действительно, в этом случае ракета уравновешена, не подымается и не получает никакой скорости. При бесконечной силе

(С) взрыва использование, как в среде без тяжести. Но сильное взрывание все убивает и разрушает внутри снаряда. Его можно применить только при снарядах без людей и сложных аппаратов.

Таблица 7.

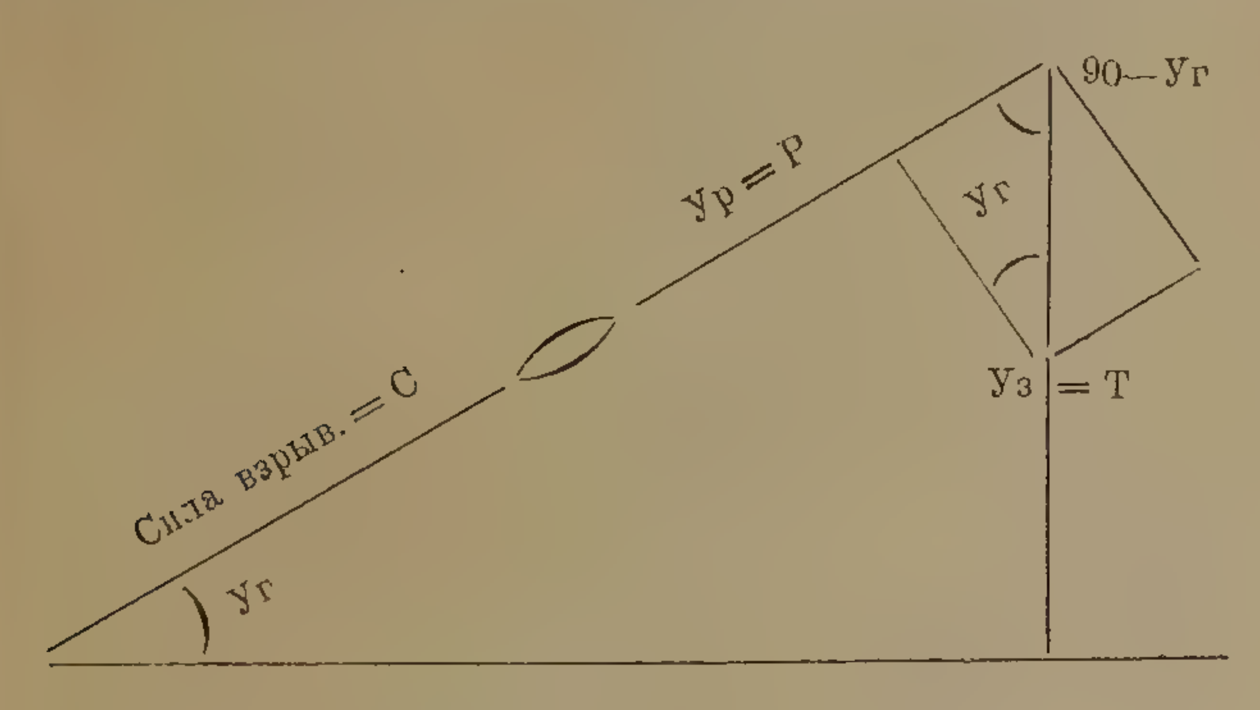
Среда тяжести. Отвесное движение ракеты.

С : Т	1	2	3	4	5	10	∞
Полезность в процентах.	0	50	66,7	75	80	90	100
Скорость в процентах.	0	70,7	81,7	86,6	89,4	94,9	100

Как видно, отвесное движение сопровождается большой потерей энергии, в особенности, когда сила взрывания (С) не велика. Тут (С) должно быть больше (Т), в противном случае даже никакого движения не получится. Последняя строка выражает в процентах наибольшую соответствующую скорость. На самом деле скорость выражается второй строкой, потому что часть энергии пойдет на поднятие во время взрывания (доказано в 1903 г.).

Полет ракеты в среде тяжести, в воздухе. Положим, что горизонтально расположенная ракета в среде тяжести двигается еще под влиянием горизонтальной силы. Сначала сила тяжести заставит ее падать под углом от 90° и меньше. Точнее — тангенс (tg) этого угла равен (Т : С). Но через несколько секунд горизонтальная составляющая скорости ракеты будет такой громадной, что отвесное движение снаряда, при его большой поверхности, станет совершенно незаметным в сравнении с горизонтальной составляющей. Тогда ракета будет двигаться почти горизонтально, как по рельсам. Можно вычислить, что **падение** ракеты, вследствие сопротивления воздуха, при значительной боковой поверхности снаряда (вертикальная проекция), может

быть только очень **медленным**, даже все более и более медленным по мере увеличения скорости ракеты. Также будет обстоять дело и при наклонном движении снаряда, если наклон не превышает 30 — 40°. Тогда снаряд, спустя несколько секунд от начала движения, двигается как по наклонным рельсам. Примерное падение хорошо устроенной ракеты, при отсутствии горизонтального движения, составит только 2 — 3 десятка метров в секунду. При огромной же поступательной скорости оно должно дойти до 1 метра и менее в секунду. Что же это в сравнении с космической скоростью?



Из чертежа имеем, приблизительно:

83... $Скр_1 = P . Вр_1$; 84... $P = C - \sin(Уг) . T$;

85... $То = C$; $39_б$... $Вр_1 = \frac{Ско}{C} . Le\left(1 + \frac{Mo_1}{Мр_1}\right)$;

86... $Скр_1 = \left\{C - \sin(Уг) . T\right\} . \frac{Ско}{C} . Le\left(1 + \frac{Mo_1}{Мр_1}\right)$.

Это при постоянном (С).

Формулы еще более пригодны при движении снаряда по наклонной неподдающейся плоскости, т.-е. при ускоренном движении по горе (вверх).

Займемся определением использования.

$$87\ldots\quad Рр = 0{,}5\,.\,Мр_1\,.\,Скр_1{}^2 + Рп;$$

$$88\ldots\quad Рп = Мр_1\,.\,Т\,.\,Пдн = Мр_1\,.\,Т\,.\,\sin(Уг)\,.\,Пр.$$

Тут (Пд) есть величина поднятия снаряда.

Отсюда: $$89\ldots\quad Рр = \frac{Мр_1}{2}\,.\,Скр_1{}^2\left\{1 + \frac{Т}{Р}\,.\,\sin(Уг)\right\}.$$

Далее: $$90\ ..\quad Ро = \frac{Мо_1}{2}\,.\,Ско^2.$$ Следовательно:

$$91\ldots\quad Рр : Ро = Плз = \frac{Мр_1}{Мо_1}\,.\,\frac{Скр_1{}^2}{Ско^2}\left\{1 + \frac{Т}{Р}\,.\,\sin(Уг)\right\}.$$

С помощью 86 и 84 из этого найдем:

$$92\ldots\quad Плз = \frac{Мр_1}{Мо_1}\left\{Le\left(1 + \frac{Мо_1}{Мр_1}\right)\right\}^2\left\{1 - \frac{Т}{С}\,.\,\sin(Уг)\right\}.$$

Упрощая формулу 77, при малых углах (У), получим приближенно, и эту самую 92 формулу (см. еще 49 формулу).

Если ракета горизонтальна $Уг = 0$, то полезность (из 92) получим согласно форм. 43. Также (из 92), если $Уг = 90°$, получим известную формулу (80).

Видим, что полезность в пустоте (77) вообще не та, что в атмосфере или, вернее — в пустоте при движении снаряда по наклонной плоскости.

Потеря, по сравнению со свободной от тяжести средою, будет:

$$93\ldots\quad \frac{Т}{С}\sin(Уг).$$ Если, наприм.:

$$Т : С = 0{,}3;\qquad Уг = 20°;\qquad \sin(Уг) = 0{,}342;$$

то потеря составит 11,4%. При угле вдвое меньшем, потеря — 5,7%. Прилагаем таблицу (8).

Таблица 8.

Среда тяжести в атмосфере. Наклонное движение.

Угол наклона в градусах.		1	2	5	10	15	20	25	30	35
Потеря энергии в процентах при разных (С : Т) = Сила взрывания:	10	0,17	0,34	0,85	1,7	2,6	3,4	4,2	5	5,7
	5	0,34	0,64	1,7	3,4	5,2	6,8	8,4	10	11,4
	2	0,85	1,7	4,25	8,5	13	17	21	25	28,5
	1	1,7	3,4	8,5	17	26	34	42	50	57

Отсюда видно, что очень выгодно было бы пускать ракету при самом сильном взрывании, если бы не разрушительное его действие и технические затруднения. Также выгодно бы было направлять ракету по самым наименьшим углам, если бы не работа сопротивления атмосферы. Вообще, потеря, даже при малой силе взрывания, может быть доведена до 1 процента.

Более точное вычисление сопротивления атмосферы. Я все же в последующем упрощаю формулы, данные мною в 11—12 году. Допускаю температуру воздуха постоянной. Благодаря этому атмосфера распространяется без конца. Тогда имеем известную формулу:

95... $В = \frac{Д_1}{Плв_1} . Le\left(\frac{Плв_1}{Плв}\right)$, где $\left(\frac{Д_1}{Плв_1}\right)$ есть

высота воображаемой атмосферы ($В_1$) при постоянной плотности ($Плв_1$). Значит:

96... $\frac{В}{В_1} = Le\left(\frac{Плв_1}{Плв}\right)$ и 97. . $Плв = Плв_1 . e^{-\frac{В}{В_1}}$.

Сопротивление воздуха, или давление (Дв) его на ракету от ее движения будет:

$$98\ldots\quad Дв = \frac{Пщ}{Пф} \cdot Плв \cdot \frac{Скр^2}{2Т}.$$

Это давление (Понселе) не в абсолютных единицах, а в обыкновенным мерах, напр., в тоннах. При наклонном движении ракеты, длина (Дл) пути составит:

$$99\ldots\quad Дл = В : \sin(Уг)$$

Имеем: $84\ldots\quad Р = С - \sin(Уг) \cdot Т$ и

$84_1\ldots\quad Скр = \sqrt{2Р \cdot Дл}.$ Отсюда:

$$100\ldots\quad Скр = \sqrt{2[С - \sin(Уг) \cdot Т] \cdot Дл}.$$

Элемент работы сопротивления воздуха выразится:

$$101\ldots\quad dРбс = Дв \cdot dДл.$$

Из этого, 97, 98, 99 и 100 найдем:

$$102\ldots\quad dРбс = \frac{Пщ \cdot Плв_1}{Пф \cdot Т}\left\{С - \sin(Уг) \cdot Т\right\} \cdot Дл \cdot e^{\frac{-Дл \cdot \sin(Уг)}{В_1}} \cdot dДл.$$

Положим тут:

$$\frac{Дл \cdot \sin(Уг)}{В_1} = \frac{В}{В_1} = x \text{ (см. 99)};$$

$$dx = \frac{\sin(Уг)}{В_1} \cdot dДл = \frac{dВ}{В_1}; \quad dДл = \frac{В_1 dx}{\sin(Уг)}.$$

Тогда найдем:

$$103\ldots\quad dРбс = \frac{Пщ \cdot [С - \sin(Уг) \cdot Т] \cdot Плв_1}{Пф \cdot Т \cdot \sin^2(Уг)} \cdot В_1^2 \cdot e^{-x} \cdot dx.$$

Полагая тут:

$$104\ldots\quad \frac{Пщ \cdot [С - \sin(Уг) \cdot Т]}{Пф \cdot Т \cdot \sin^2(Уг)} \cdot Плв_1 \cdot В_1^2 = А:$$

Интегрируя и определяя постоянное, получим:

$$105\ldots\quad Рбс = А\left\{1 - \left(1 + \frac{В}{В_1 . \sin^2(Уг)}\right) . e^{\frac{-В}{В_1 . \sin^2(Уг)}}\right\} =$$

$$= А\left\{1 - \left(1 + \frac{Дл}{В_1 . \sin(Уг)} . e^{\frac{-Дл}{В_1 . \sin(Уг)}}\right\}\quad \text{(см. 99).}$$

Положим: $106\ldots\quad \frac{Дл}{В_1\ \sin(Уг)} = \frac{В}{В_1 . \sin^2(Уг)} = z.$

Тогда: $Рбс = А . \left\{1 - \left(1 + z\right) e^{-z}\right\}\quad \ldots 107$

Нам надо определить полную работу сопротивления атмосферы. Для этого надо положить:

$$В = \infty \text{ или } Z = \infty.$$

Имеем:

$$108\ldots\quad e^{-z} = 1 : e^{z} = 1 : \left(1 + \frac{z}{1} + \frac{z^2}{1.2} + \frac{z^3}{1.2.3} \ldots\right).$$

Следов.: $109\ldots\quad (1+z) . e^{-z} = e^{-z} + z . e^{-z} =$

$$= e^{-z} + z : \left(1 + \frac{z}{1} + \frac{z^2}{1.2} \ldots\right) =$$

$$= \frac{1}{e^z} + 1 : \left\{\frac{1}{z} + 1 + \frac{z}{1\ 2} + \frac{z^2}{1.2.3} \ldots\right\}.$$

Отсюда ясно, что если (В) или (z) равно бесконечности, то и выражение 109 обращается в нуль. Значит, тогда работа сопротивления Рбс = А... 110.

Полную работу отвесного движения получим из форм. 104, если положим Уг = 90°. Тогда найдем:

$$111\ldots\quad Рбс = \frac{Пц(С-Т)}{Пф . Т} . Плв_1 . В_1{}^2.$$

Сравнивая эту работу с полной работой наклонного движения, увидим что последняя больше первой во столько раз:

$$112 \ldots \frac{C - \sin(Уг) . T}{(C - T) . \sin^2(Уг)}.$$

Если (С) велико или (Уг) не велик, то, приблизительно, можем считать, что работа наклонного движения обратна квадрату синуса угла наклона. Значит, когда наклона нет и движение горизонтально, то полная работа сопротивления бесконечна. Но это не правильно, так как равноплотные слои атмосферы не могут считаться горизонтальными, как мы это приняли,— вследствие сферичности Земли. Одним словом, для малых углов формулы не применимы. Так, если принять высоту атмосферы заметной плотности в 50 кило, то легко вычислить, что горизонтальный путь больше наклонного только в 15,5 раза. Если же принять высоту в 5 кило, то горизонтальный путь больше отвесного будет в 155 раз. Значит, горизонтальная работа не может быть бесконечной. По форм. 104 можем вычислить полную работу отвесного движения. Допустим: Пщ = 2; С = 100; Т = 10; $В_1$ = 8000; $Плв_1$ = 0,0013; Пф = 100. Тогда Рбс = 14,976 тоннометров. Она совсем незначительна даже в сравнении с одной работой движения ракеты, имеющей массу в 10 тонн (без взрывчатых веществ) и освобождающейся от силы земной тяжести (11 кило скорости). Эта работа более 60 миллион. т. м. Значит, она в 4000 раз слишком больше работы отвесного сопротивления атмосферы. Начав движение снаряда с высочайших гор, там, где воздух реже в 3—4 раза, увидим, согласно форм. 104, что эта работа еще уменьшается пропорционально разрежению, т.-е. тоже в 3—4 раза.

От наклонного движения она увеличивается не очень сильно. По формуле 112 можем это вычислить, положив С=30, С=20 и Т=10.

Таблица 9.

(Уг)	10	20	30	40	50	90
(Рбс); c=30	46,7	11,3	5	2,85	1,92	1
(Рбс); c=20	60	14,2	6,0	3,3	2,1	1
1 : Sin² (У)	33	8,55	4	2,42	1,70	1

Из второй строки видно что с 20⁰ наклона работа увеличивается в 11 раз. Потом, из сравнения 2 и 3 строк с четвертой видно, что работу можно грубо считать пропорциональной (1 : Sin². Уг). Чем больше (С), тем близость эта значительнее и наоборот. Третья строка показывает увеличение работы при С=20. При малых углах истинная работа, вследствие сферичности Земли, гораздо меньше.

Мы видели, что работа сопротивления при отвесном движении составляет 1 : 4000 часть работы движения ракеты, но и при наклонном движении она менее одного процента.

Интересна зависимость работы сопротивления от пройденного пути или достигнутой высоты (В). Полная работа выражается форм. 104, остающаяся — форм. 107 и 108. Она зависит от наклона (Уг) и высоты поднятия. Составленная мною табл. 10 и показывает эту зависимость

Таблица 10.

Относительная остающаяся работа сопротивления в процентах.

Угол.		1	5	10	20	30	40	50	90
В= 4. . .	километры.	0	0	0	3,6	25	45	59	74
В= 8. . .		0	0	0	0,094	54	19	32	53
В=16. . .		0	0	0	0	0,14	24	79	25
В=24. . .		0	0	0	0	0	0,305	2	11

Из последних 4 строк видно: 1) При пролете в 4 кило сравнительная остающаяся работа незаметна от 0 до 10° наклона. Даже при 20° она составляет менее 4%. 2) При пролете в 8 кило (высоты), даже при наклоне в 30°, она около 5%, а при 40° равна 19%. 3) При поднятии на высоту 16 кило она даже при отвесном движении равна 25%, а при поднятии на 24 кило— не больше 11%. При наклонах же почти незаметна.

Самый выгодный угол полета. По формуле 77 или 93 можем вычислить потерю работы от наклона в среде тяжести. По формуле 104 определяем соответствующую потерю от сопротивления атмосферы. Составив таблицу и выставив сумму потерь, увидим какой наклон сопровождается наименьшей потерей. Он и будет самым выгодным.

Но и без таблиц можно, приблизительно, определить наивыгоднейший угол наклона. Потеря от наклонного движения снаряда выражается (см. 93):

$$113\ldots\ \frac{\text{Т}}{\text{С}}\,.\,\text{Sin}\,(\text{У}),\ \text{в абсолютных единицах.}$$

Потеря от сопротивления атмосферы, в абсолютных единицах, будет:

$$114\ldots\ \text{А}\,.\,\text{Т}=\frac{\text{Пщ}}{\text{Пф}}\,.\,\left\{\frac{\text{С}-\text{Т}\,.\,\text{Sin}(\text{У})}{\text{Sin}^2(\text{У})}\right\}\,.\,\text{Плв}_1\,.\,\text{В}_1^2$$

Работа ракеты равна (см. 104):

$$115\ldots\ \text{Рр}_1=0{,}5\,.\,\text{Мр}_1\,.\,\text{Скр}_1^2=0{,}5\,.\,\text{Мр}_1\,.\,\text{Ско}^2\left\{\text{Le}\left(1+\frac{\text{Мо}_1}{\text{Мр}_1}\right)\right\}^2$$

(См. 38).

Поэтому обе потери, в абсолютных единицах, будут:

$$116\ldots\ \text{Рр}_1\,.\,\frac{\text{Т}}{\text{С}}\text{Sin}(\text{У})+\text{А.Т}=\text{Рр}_1\,.\,\frac{\text{Т}}{\text{С}}\,.\,\text{Sin}(\text{У})+$$

$$+\frac{\text{Пщ}}{\text{Пф}}\,.\,\text{Плв}_1\,.\,\text{В}_1^{\,2}\left\{\frac{\text{С}-\text{Т}\,.\,\text{Sin}\,(\text{У})}{\text{Sin}^2\,(\text{У})}\right\}=\text{Z}$$

Взяв производную этого выражения и приравняв ее нулю, получим уравнение неудобное для решения относительно Sin(У).

Но еще в 11—12 году мы доказывали, что выгоднейший угол не велик. Поэтому можем у 2-го члена пренебречь выражением (Т . Sin(У).

Тогда уравнение 116 превратится:

$$117\ldots\ Z=Pр_1 \cdot \frac{Т}{С} \cdot X + \frac{Пщ}{Пф} Плв_1 \cdot B_1^2 \cdot \frac{C}{X^2}$$

Здесь Sin (У) = X. Диференцируя это уравнение, приравнивая первую производную к нулю и определяя (X), получим:

$$118\ \ldots\ X=Sin(У)=\sqrt[3]{\frac{2 \cdot Пщ \cdot Плв_1\ B_1^2\ C^2}{Пф \cdot Pр_1 \cdot Т}}$$

С помощью 115:

$$119\ldots\ Sin(Уг)=\sqrt[3]{\frac{4 \cdot Пщ \cdot Плв_1\ B_1^2 \cdot C^2}{Пф \cdot Мр_1 \cdot Ско^2 \left\{Le\left(1+\frac{Мо_1}{Мр_1}\right)\right\}^2 \cdot Т}}$$

Отсюда видно, что выгодный угол (У): 1) увеличивается с энергиею взрывания (С) и обширностью (Пщ) ракеты и что он: 2) уменьшается с увеличением полезности формы (Пф), массы снаряда относительной массы отброса ($Мо_1$: $Мр_1$). На планете с большой тяжестью ($Т_1$) он тоже уменьшается и обратно. Положим в 119: Пщ = 2; Плв = 0,0013; B_1 = 8000; С : Т = 10; Пф = 100; $Мр_1$ = 10; Ско = 5000. Тогда вычислим Sin (У) = 0,167 и У = 9°35'. При С = 20, Sin(У) = 0,57: и У = 3°20'.

Но при таких малых углах сопротивление атмосферы в виду ее сферичности будет гораздо меньше. Значит, и выгодный угол будет еще меньше.

Из формулы 117 найдем относительную потерю от обоих причин:

$$120 \dots \frac{Z}{Pp_1} = \frac{T}{C} \cdot X + \frac{Пщ \cdot Плв_1 \cdot C}{Пф \cdot Pp_1 \cdot X^2} \cdot B_1{}^2 =$$

$$= \frac{T}{C} X + \frac{2\ Пщ \cdot Плв_1 \cdot C \cdot B_1{}^2}{Пф \cdot Mp_1 \cdot Cко^2 \left\{ Le\left(1 + \frac{Mo_1}{Mp_1}\right)\right\}^2 \cdot X^2}$$

Покажем более простую формулу для определения процентной потери.

Разделив второй член на третий (в 120), узнаем, во сколько раз потеря от влияния тяжести более, чем потеря от сопротивления воздуха. Затем, исключив из этого отношения (X) с помощью 119, получим число 2. Из этого видно, что при наивыгоднейшем наклоне, потеря от тяготения **вдвое** больше потери от сопротивления воздуха. Следовательно:

$$121 \dots Z : Pp_1 = \frac{T}{C} \cdot X + \frac{T}{2C} \cdot X = \frac{3}{2} \cdot \frac{T}{C} \cdot X$$

Так, при углах в 9° и 3°, найдем полную потерю в 0,025 и в 0,0428, т.-е. в 2,5% и 4,3%.

Из 121 и 119 выведем полную относительную потерю:

$$122 \dots Z : Pp_1 = \sqrt[3]{\frac{27 \cdot Пщ \cdot Плв_1 \cdot B_1{}^2 \cdot T^2}{2 \cdot Пф \cdot Mp_1 \cdot Cко^2 \left\{ Le\left(1 + \frac{Mo_1}{Mp_1}\right)\right\}^2 \cdot C}}$$

Площадь подобно изменяющегося тела возрастает пропорционально квадрату его размеров, а об'ем и масса — кубу их. Следовательно, потеря уменьшается с увеличением размеров ракеты, а также с улучшением формы (Пф) снаряда и увеличением (C) или силы взрывания, только очень медленно. Если, например, (C)

увеличится в 8 раз, то потеря уменьшится только вдвое. Весьма выгодно лететь при малом (С), от чего, как видно, проиграем не много. При С=10, Х=Sin(У)=0,036 У=2°10′ и Z∶Pp_1=0,054. Следовательно, угол очень мал, а потеря = 5%. На деле она гораздо меньше от шарообразности Земли.

Положим в формулах Пф=50, (С) разное, а прочее, как раньше: Пщ=2; $Плв_1$=0,0013; $В_1$=8000; $Мр_1$=10; Ско=5000.

Тогда составим следующую приблизительную таблицу (11).

Таблица 11.

Ускорение ракеты без тяжести (С) . . .	1	2	3	4	5	6	7	8
Sin(y)=x . .	0,0097	0,0154	0,0204	0,0246	0,0292	0,0326	0,0356	0,0392
Угол в градусах (у)	0,56	0,88	1,17	1,41	1,68	1,86	2,07	2,26
Z∶Pp_1=Потеря в %. . . .	14,6	11,6	10,2	9,23	8,57	8,07	7,66	7,33
С . . .	9	10	15	20	25	30	40	50
Х . . .	0,0422	0,0453	0.059	0,072	0,083	0,094	0,114	0,133
у . . .	2,43	2,60	3°25′	4°10′	4°45′	5°25′	6°33′	7°40′
Потеря % . .	7,05	6,80	5,94	5,40	4,97	4,71	4,28	3,98
С. . .	60	80	100	200				
Х . . .	0,150	0,182	0,211	0,333				
Уг.	8°40′	10°30′	12°10′	19°30′				
Потеря % . .	3,75	3,40	3,16	2,50				

При малом наклоне, оказывается, необходимо и малое ускорение, что очень выгодно с технической стороны. Жаль, что потеря получается при этом наибольшая (до 14,6%).

Мы даем тут ускорение для снаряда от 1 до 200 метров в секунду, что соответствует от 0,1 до 20 по отношению к силе земной тяжести (10 м.). Если, например, ракета весит 10 тонн, то давление взрывчатых веществ на нее в конце пути от одной до 200 тонн. Угол наклона изменяется от полградуса до 20⁰. Потеря энергии от тяжести и сопротивления атмосферы от 15% до $2^1/_2$. Кажется странным, что потеря меньше при больших наклонах; но это об'ясняется огромностью ускорения (С). Потеря же при малых углах, на самом деле, еще меньше, в виду изгиба атмосферы на шаровой поверхности земли.

Если масса ракеты ($Мр_1$) будет в 8 раз меньше, то по 119 и 122 видно, что синусы углов и потери в таблице увеличатся вдвое. Так, при С=30 угол будет около 11⁰, а потеря—около $9^1/_2$ процентов.

По таблице и формуле 114 легко показать, что приближенные формулы не дают большей ошибки даже при С=1. При большем (С) она гораздо меньше.

Тяжесть, сопротивление атмосферы и изгиб Земли. Из 101, 98, 97 и 100 получим в обыкновенных единицах:

$$122_1 \ldots \ dРбс = \frac{Пщ \ Плв_1}{Пф \ . \ Т} \left\{ С - \sin(У) \ . \ Т \right\} . e^{\frac{-В}{В_1}} Дл . d \, Дл$$

Для плоской Земли имели еще в помощь формулы 99 .. Дл=В : sin(у). Но для истинной формы Земли она применима только при не очень острых углах (у). Для всяких углов легко найдем более точную формулу:

$$123 \ldots \ В = Дл. \sin(у) + \frac{Дл^2}{2 \, Рз} = Дл \left\{ \sin(у) + \frac{Дл}{2 \, Рз} \right\}, \text{ где}$$

(Рз) есть радиус Земли.

Отсюда можем вычислить:

$$124. \; . \; Дл = -Рз \quad \sin(У)\left\{1 - \sqrt{1 + \frac{2В}{Рз \,.\, \sin^2(Уг)}}\right\}.$$

Положим:

$$125 \ldots \frac{2В}{Рз \quad \sin^2(У)} = X; \sqrt{1+X} = 1 + \frac{x}{2} - \frac{x^2}{8} + \frac{x^3}{48} \ldots$$

Ограничиваясь тремя членами, получим:

$$126 \ldots Дл = -Рз.\sin(У)\left\{-\frac{x}{2} + \frac{x^2}{8}\right\} = \frac{В}{\sin(у)} - \frac{4 \,.\, В^2}{Рз.\sin^3(у)} =$$

$$= \frac{В}{\sin(у)}\left\{1 - \frac{В}{2 \,.\, Рз \quad \sin^2(у)}\right\}.$$ Решим задачу о работе сопротивления атмосферы в частном случае, когда полет горизонтален и $У = 0$.

Тогда: $$127 \ldots В = \frac{Дл^2}{2Рз} \text{ и } Дл = \sqrt{2 \,.\, Рз \,.\, В}$$

Далее из 102: $$128 \ldots dРбс = \frac{Пщ \,.\, Плв_1}{Пф \,.\, Т} C \quad e^{\frac{-В}{В_1}} Дл.dДл =$$

$$= \frac{Пщ \,.\, Плв_1}{Пф \,.\, Т} C \,.\, e^{\frac{-Дл^2}{2Рз \,.\, В_1}} Дл.d\,Дл \text{ (см 127).}$$

Положим: $\frac{Дл^2}{2Рз \,.\, В_1} = X$ Тогда:

$129 \ldots Дл \,.\, d\,Дл = Рз \,.\, В_1 \,.\, d\,x$ и вместо 128:

$$130 \ldots d\,Рбс = \frac{Пщ_1 \,.\, Плв_1}{Пф \,.\, Т} C.Рз\; В_1 .e^{-x} dx = A.e^{-x} dx$$

Интегрируя и определяя постоянное найдем:

$$131\ldots\ Рбс=A\left(1-e^{-x}\right)=A\left(1-e^{\frac{-B}{B_1}}\right)=A\left(1-e^{\frac{-Дл^2}{2Рз\ B_1}}\right)$$

Тут: $132\ldots\ A=\frac{Пщ\ .\ Плв_1}{Пф\ .\ T}\ .\ C\ .\ Рз\ .\ B_1$. Это выражение определяет и полную работу сопротивления атмосферы.

Для вертикального движения имели:

$111\ldots\ Рбс=\frac{Пщ\ .\ (C-T)}{Пф\ .\ T}\ Плв_1\ .\ B_1^2$. При отвесном движении снаряда работа сопротивления атмосферы будет меньше во столько раз (132 и 111):

$133\ldots\ \left(\frac{C}{C-T}\right)\cdot\frac{Рз}{B_1}$. Положим тут: $C=100$; $T=10$; $B_1=8000$. Тогда, по 133, получим число 883, т.-е. работа при горизонтальном движении чуть не в тысячу раз больше, чем та же работа сопротивления атмосферы при отвесном полете снаряда. Такая огромность работы об'ясняется тем, что снаряд с возрастающей скоростью должен пролетать очень плотные слои атмосферы. Итак, путь, близкий к горизонтальному, очень не выгоден: работа сопротивления поглотит огромную часть живой силы ракеты, и последняя не приобретет достаточной скорости. Мы видели, что работа отвесного сопротивления воздуха составляет, примерно, четырехтысячную часть кинетической энергии снаряда (при $Мр_1=10$ тонн). Значит, горизонтальное сопротивление поглотит около пятой доли (22,2%). По таблице 11, при наклоне в полградуса (0,56), потеря несколько меньше, именно около 15% (14,6). Здесь только $^1/_3$ приходится на сопротивление воздуха, т.-е. 5%. Так мало потому, что ускорение по таблице в 100 раз меньше, чем мы приняли. Тут и потеря от влияния тяжести.

Из 132 видно, что (Рбс) много зависит от (С) и что горизонтальные полеты выгодны при малом (С). Так можем вычислить для разных (С) работу сопротивления атмосферы при горизонтальном движении снаряда Положим по прежнему : Пщ=2, Пф=50; тогда (см. 132):

134... Рбс = 264800 . С. Работа ракеты будет (из 41 и 38):

$$135\ldots \quad Рр_1 = 0{,}5 \,.\, Мр_1 \,.\, Ско^2 \left\{ Le\left(1 + \frac{Мо_1}{Мр_1}\right)\right\}^2.$$

Работа ракеты для одоления земной тяжести (11 кило), при $Мр_1=10$, составит около $64 \,.\, 10^6$. Это более сопротивления атмосферы в (240 : С) раз.

Составим таблицу (12):

Таблица 12.

Сила взрыва: (С)=	1	2	5	10	20	30	50	100
Потеря в %= . .	0,42	0,83	2,1	4,2	8,3	12,5	20,8	41,7

Даже при ускорении (5), т.-е. в половину земной тяжести (10), потеря около 2%.

Спуск на Землю, посещение планет и возвращение домой. Положим, что ракета поднялась на такую-то высоту, потеряв всю скорость при отвесном полете. Под влиянием тяготения, она будет падать обратно, приобретет значительную скорость и расшибется о Землю, несмотря на тормозящее действие атмосферы. Даже одно тормозящее действие последней может разрушить снаряд или убить находящийся в нем организм. Но если мы вообразим, что у ракеты, после поднятия, остался запас взрывчатого вещества и она употребила его с тем, чтобы замедлять скорость своего падения совершенно в том же порядке, как она эту скорость увеличивала, поднимаясь с Земли,—то спуск совершится благополучно и у самой поверхности планеты снаряд остановится, т.-е. спокойно спустится на Землю.

Если для поднятия количество взрывчатых веществ должно превышать в ($К_1$) раз вес ракеты со всем содер-

жимым, то и для благополучного спуска нужен запас, равный массе ракеты, умноженной на (K_1). Для одного поднятия массы ракеты со взрывчатым веществом будет:

136... $Mp + Mp \cdot K_1 = Mp\,(1 + K_1)$. Для спокойного спуска требуется еще запас взрывчатых веществ в (K_1) раз больший этой массы (136), т.-е.: $136_1 \ldots \{Mp(1+K_1)\}\ K_1$ Вместе с ракетой и первым запасом (136) это составит $136_2 \ldots\ Mp\,(1+K_1)\ K_1 + Mp\,(1+K_1) = Mp\,(1+K_1)^2$. Масса одного запаса будет:

$$137 \ldots\ Mp(1+K_1)^2 - Mp = Mp\ \{(1+K_1)^2 - 1\}.$$

Если, например, $Mp=1$, $K_1=9$, то запас будет 99, т.-е. вес его в 99 раз больше веса ракеты с содержимым (кроме взрывчатых веществ). Такой обильный запас едва ли осуществим. Еще труднее дело, когда мы пожелаем подняться с Земли, спуститься на какую либо чуждую планету (находящуюся, положим, на орбите Земли), подняться с нее и возвратиться домой.

Другое дело, если поднятие снаряда не велико и потому (K_1) есть малая дробь. Тогда запас, приблизительно, будет: $Mp . 2 . K_1$ (см. 137). Значит, тогда запас только удваивается.

Но поднятие на незначительную высоту не имеет космического значения.

Поднятие с Земли и спуск на чуждую планету, на орбите земли (такой нет: это допущение), требует запаса:

138... $Mp\ .\ [(1+K_1)\ (1+K_2) - 1]$. Здесь ($K_2$) означает относительное количество взрывчатых веществ, потребное для поднятия или спуска на чуждую планету.

Если на этой планете мы не можем сделать запаса взрывчатых веществ, а, между тем, хотим улететь с планеты и возвратиться на Землю, то с последней, заранее, мы должны взять запас: 139 .. $Mp\,[(1+K_1{}^2) . (1+K_2)^2 - 1]$. Допуская, что чуждая планета по массе и об'ему, как Земля, найдем запас равным: 140... $Mp\,[\,(1+K_1)^4 - 1\,]$. Положим тут $K_1=9$ и $Mp=1$. Тогда запас будет 9999,

т.-е. совершенно неосуществим. Приблизительно; здесь можно подразумевать Венеру. Еще менее осуществимо путешествие на Юпитер и другие массивные планеты, ибо для них (K_2) громадно. Напротив, путешествие на астероиды, особенно на маленькие, достижимее, так как (K_2) можно считать нулевым. Тогда путь на любой из них (опять предполагая их на орбите Земли) и возвращение на Землю требует запаса по формуле 137.

Посещая разные планеты, не имея возможности на них делать запасы и возвращаясь на Землю, мы, вообще, должны делать такой запас:

141... $Mp\,[(1+K_1)^2\,(1+K_2)^2\,(1+K_3)^2\,(1+K_n)^2-1]$. (n) есть число планет, считая и Землю. При равенстве их с Землей, получим запас: 142. $[(1+K_1)^{2n}-1]\,.\,Mp$. Очевидно, такое последовательное посещение планет еще невозможнее. Правда, мы можем поступить целесообразнее. Спуститься, например, на Марс (работу изменения расстояния от Солнца пока не считаем), возвратиться на Землю и сделать на ней новый запас, чтобы посетить, например, Меркурий. Но как бы ни была мала посещаемая планета, относительный запас взрывчатых веществ не может быть менее 99. И это почти неодолимо. Как же быть?

Еще в июле 1924 года в моей статье, отправленной в „Технику и Жизнь“ и неизданной там, но возвращенной и штемпелеванной, я указал на выход. В 1926 году то же подтвердил в своей книге инженер Гомон. Привожу тут выдержку из упомянутой моей рукописи.

.. „Путники, достигнув значительного удаления от Земли, думали, что они носятся в абсолютной пустоте. Однако, в этом они ошиблись: следы атмосферы и тут еще оказались. Поэтому их экипаж, испытывая небольшое сопротивление среды, описывал спираль с очень малым шагом, которая приближала его непрерывно, хотя и очень медленно, к Земле. Они сделали такое множество оборотов вокруг нее, что даже потеряли

им счет. Все же возвращение на Землю было неизбежно... Сначала скорость движения ракеты росла и центробежная сила почти уравновешивала тяготение Земли, несмотря на увеличение этого тяготения.

Потом скорость снаряда стала уменьшаться, вследствие уплотнения атмосферы и усилившегося от этого сопротивления воздуха. Тогда путники стали планировать, подняв нос ракеты кверху с помощию руля, который работал, как аэропланный. Они могли теперь не только умерить падение, но даже превратить его в поднятие, пока еще не была потеряна скорость. Но это было излишним и могло кончиться утратой скорости на высоте и гибелью ракеты, превратившейся в бескрылый аэроплан. Они снижались, но не так быстро, чтобы с силою удариться в планету и не так медленно, чтобы остаться на высоте без скорости. Путники только молили судьбу, чтобы падение пришлось не на сушу, а в море. В самом деле, спуск был гораздо опаснее, чем на аэроплане, так как у снаряда не было крыльев и требовалась большая скорость, чтобы уравновесить тяжесть сопротивлением воздуха (при чуть наклонном движении) и спуститься не круто, а почти горизонтально. Вода тут была всего надежнее. Судьба услышала их мольбу и они полого, задевая всё более и более морские волны и теряя от этого скорость, влетели в океан. Движение все же не совсем иссякло и они проплыли порядочное расстояние, прежде чем остановиться“...

Подтвердим, что все это математически верно и вполне осуществимо.

Следовательно, с небольшим запасом взрывчатого материала мы можем сделаться спутниками земли, поселиться в эфире, вне атмосферы, устраивать понемногу там космическое хозяйство, спускаться без затраты материала на землю, опять подниматься с планеты с новыми запасами орудий, частей жилища и всего необходимого для солидного положения в эфире в качестве маленькой и близкой луны.

Горизонтальное движение снаряда в равноплотной атмосфере, при наклоне его длинной оси.

Мы полагали (83 и ранее), что ракета должна двигаться в воздухе, как по рельсам, т. е. что сопротивление атмосферы помешает ей значительно уклоняться от пути, обусловленного взрывающими силами и силами тяжести. Сейчас мы это подтвердим.

Положим, что ракета двигается горизонтально с секундною скоростью (Ск), причем длинная ось ее отклонена на некоторый угол (Уг) к горизонту. Тогда отвесное давление на нее (Дот) будет, согласно известным законам сопротивления жидкой среды:

$$143\ldots \quad \text{Дот} = \frac{\text{Плв}}{\text{Уз}}.\text{Пос}.\text{Кп}\ \sin(\text{Уг}).\text{Ск}^2$$

Здесь (Пос) есть горизонтальная проекция ракеты, а (Кп) поправочный коефициент к ней, сравнивающий ее с непродолговатой плоскостью.

Если ракета движется горизонтально, то, значит, она не падает и давление на нее снизу (Дот) равно весу (Мр) ракеты. Тогда из 143 найдем:

$$144\ \ldots \quad \sin(\text{Уг}) = \frac{\text{Мр}.\text{Уз}}{\text{Плв}.\text{Пос}.\text{Кп}.\text{Ск}^2}.$$

Положим, напр.: Мр = 1; Уз = 10; Плв = 0,0013; Ск = 100; Пос = 20; Кп = 1.

Теперь вычислим: sin (Уг) = 0,0385 и Уг = 2,2°. При (Мр) в 10 раз большей и (Уг) будет почти в 10 раз больше (22,7°). При (Ск) в 10 раз большей, наклон уменьшается в 100 раз, т. е. делается незаметно малым.

Попытаемся определить работу сопротивления атмосферы при ускоренном и горизонтальном движении ракеты. Сферичность земли уменьшает эту работу. Горизонт давления (Дг) от сопротивления воздуха будет:

$$145\ldots \quad \text{Дг} = \text{Дот}.\sin(\text{Уг}) = \text{Мр}.\sin(\text{Уг}) = \frac{\text{Мр}^2.\text{Уз}}{\text{Плв}.\text{Пос}.\text{Кп}.\text{Ск}^2}$$

Следовательно, элемент работы составит:

$$146\ldots \quad dРб = Дг\,.\,dДл,$$

где (Дл) есть длина пройденного пути.

Можно считать (Плв) постоянной и только (Ск) переменной.

$$147\ldots \quad Ск = \sqrt{2С\,.\,Дл}.$$

(С) есть секундное ускорение ракеты. Теперь из 147, 146 и 145 получим:

$$148\ldots \quad dРб = \frac{Мр^2\,.\,Уз\,.\,dДл}{2Плв\,.\,Пос\,.\,Кп\,\,С\,.\,Дл}.$$

Интегрируя и определяя постоянное, найдем:

$$149\ldots \quad Рб = А\,.\,Le\left(\frac{Дл}{Дл_1}\right). \quad Тут$$

$$150\ldots \quad А = \frac{Мр^2\,.\,Уз}{2Плв\,\,Пос\,.\,Кп\,.\,С}.$$

Если считать работу сначала пути, с нулевой скорости, то такая работа, теоретически, безпредельна. Она становится небольшой, когда ракета прошла по рельсам часть пути ($Дл_1$), приобретя уже некоторую скорость. В равноплотной среде работа, хотя и медленно, но возрастает безпредельно. Положим, в 150: Мр = 1; Уз = 10; Пос = 20; Кп = 1; С = 10. Тогда А = 19,2 и

$$151\ldots \quad Рб = 19{,}2\,.\,Le\left(\frac{Дл}{Дл_1}\right).$$

Пусть, после 10 кило пути снаряд пролетит всего 1000 кило. Тогда Рб = 19.2. Le 100 = 88,3.

Если же снаряд пройдет предварительно 1 кило, то Рб = 132,5.

Значит, на удержание от падения работа идет, сравнительно, совершенно ничтожная.

Можно выразить эту работу в зависимости от приобретенной снарядом (Ск). Имеем из 147 и 149:

$$Дл = \frac{Ск^2}{2С} \text{ и } Рб = A . Le\left(\frac{Ск^2}{Ск_1{}^2}\right) \quad .. \; 152$$

Так, если ракета начала со скорости 100 метров в секунду, а кончила скоростью в 10.000 метров, то

$$Рб = 19{,}2 \; Le \; (100^2) = 176{,}6.$$

Это уже космическая скорость, почти освобождающаяся от тяготения земли, а работа все таки незначительна. Если полет начался с 10 метров скорости, то

$$Рб = 19{,}2 \; Le \; (1000^2) = 265.$$

Разница в работе от этого оказывается не велика. Соответственный путь (Дл) вычислим по 147. Именно:

$$147 \ldots \quad Дл = \frac{Ск^2}{2С} = 5{,}10^6 \text{ м., или}$$

5 тысяч километров. (Надо помнить, что в этих вычислениях мы не принимаем в расчет трение и сопротивление от инерции — одним словом — лобовое сопротивление). Но при таком длинном пути, хотя вначале и горизонтальном, ракета страшно удаляется от земной поверхности и попадает сначала в разреженный воздух, а потом в пустоту. В мало разреженном воздухе работа будет громадна, вследствие сильного наклона снаряда, а в более разреженном даже равновесие невозможно, тем более невозможно оно в пустоте. Работа равновесия становится **нелепой** величиной.

Можно придерживаться постоянного слоя воздуха до скорости в 8 кило, после чего центробежная сила совсем уничтожает тяжесть. Наклон уничтожается и работа поддержания тяжести исчезает. Вообще, работа, при круговом движении, от влияния центробежной силы, меньше вычисленной. Но тут является другое затруднение. При движении в плотной среде работа лобового сопротивления атмосферы, хотя и при острой форме снаряда, становится невыгодно велика.

Кроме того, после приобретения секундной скорост[и] в 8 кило, еще ведь нужно выбраться по касательно[й] или восходящей кривой из атмосферы, что опять отни[] мет много работы. Наши расчеты сейчас показал[и] только, что работа поддержания веса очень мала, но м[ы] не доказываем, что путь в равноплотном воздухе самы[й] выгодный.

Если наклона длинной оси снаряда нет, то снаря[д] будет подаваться по направлению тяжести. Падение или, вернее, секундная скорость падения будет:

$$165\ldots \quad Пд = \sin(Уг) . Ск = \frac{Мр . Уз}{Плв . Пос . Кп . Ск}.$$

Опять предполагается полет ракеты горизонталь[]ным. Под (Уг) тут нужно подразумевать малый уго[л] уклонения снаряда от его горизонтального движени[я] вследствие тяжести и сопротивления воздуха. Поло[]жим, например, Мр = 1; Уз = 10; Плв = 0,00037 (на вы[]соте 10 кило); Пос = 20; Кп = 1; Ск = 2260; В = 10000 Тогда Пд = 0,6, т. е. 60 сантиметрам в секунду.

Если снаряд движется по касательной к Земле то, с одной стороны, он удаляется от Земли с известно[й] скоростью, с другой—падает или приближается к по[]верхности Земли, в зависимости от своей поступательно[й] скорости и плотности среды. Падение выражается фор[]мулой 165. Исключив из нее (Плв) и (Ск) (см. 97 и 147) получим:

$$166\ldots \quad Пд = \frac{Мр . Уз . e^{В : В_1}}{Плв_1 . Пос . Кп \sqrt{2С} \sqrt[4]{Дз . В}}$$

Скорость же поднятия при движении по касатель[]ной вычислим так: 167... $Дл = \frac{С}{2} . Вр^2$.

(Вр) тут означает время. Имеем еще $В = Дл^2 : Дз$.

Следовательно, $В = \frac{С^2 . Вр^4}{4Дз}$

Отсюда диференцируя, найдем:

$$168\ldots \quad \frac{d\,B}{d\,Bp} = \frac{C^2}{Дз} \cdot Bp^3 = \sqrt[4]{\frac{64}{Дз}} \cdot \sqrt{C} \cdot B^{3/4}$$

Теперь мы имеем возможность дать следующую Табл. 13.

Таблица 13.

Время полета ракеты в секундах	10	20	50	100	200	400	1000
Секундная скорость в метрах C=10	100	200	500	1000	2000	4000	10000
Дл=длина пути в кило. Рейс	0,5	2	12,5	50	200	800	5000
Выс=В=Дл² : Дз приблизительно. Метры . . .	0,02	0,32	12,3	197	3150	50400	1.970.000
$\frac{d\,B}{d\,Bp}$ Скорость поднятия в секунду . . .	0.008	0,064	0,554	4,43	35,5	283	4430
Плотность воздуха (Плв).		—	—	0,0013	0,000878	Близ к ну	ко лю.
Скорость падения от тяжести и сопротивление воздуха. Метры . . .	3,85	1,92	0,77	0,385	0,280	53	4.10^{109}
$Плв_1$: Плв	1	1	1	1	1,48	550	10^{109}

Полет, приблизительно, совершается по касательной к Земле. От этого происходит удаление от шаровой поверхности (4 стр). Сначала это удаление почти незаметно. Так по истечении 10 секунд, когда уже пройдено полкилометра, оно составляет только 2 сантиметра. Скорость (5 стр.) удаления по истечении 10 секунд составляет 8 мм. Но уже через 50 секунд, когда пройдено более 12 километров и снаряд поднялся на 12 мет-

ров, скорость более полметра (55 сант.). Она уже в этом случае немного не достигает скорости падения (7стр.). Примерно, вскоре после 50 секунд, последняя скорость становится незаметной в сравнении с удалением от шаровой поверхности. Так по истечении 200 секунд, когда снаряд поднялся уже на высоту 3 кило и приобрел секундную скорость в 2 кило, пролетев по касательной 200 кило, скорость поднятия превышает скорость падения (она ограничена от сопротивления воздуха) в 127 раз. Но далее она понижается, сравнивается со скоростью поднятия и, наконец, безмерно ее превышает, потому что атмосфера разрежается и в пустоте нужна бесконечная скорость, чтобы получить давление, или сопротивление среды, равное весу ракеты. Там уже тело будет падать только от действия силы тяжести. Короче, тогда мы можем совершенно игнорировать сопротивление воздуха, которого в пустоте нет.

Что же выходит? Примерно, с минуту ракета уклоняется в низ от горизонтали; после этого полет становится параллельным Земле; затем начинается удаление от земной поверхности и полет все более и более приближается к касательной прямой; тяжесть как бы не влияет на снаряд, он движется будто по рельсам. Но по истечении, примерно, 4 (265 с.) минут, воздух настолько разрежается, что рельсы как бы устраняются и снаряд летит уже под влиянием силы земной тяжести, которая входит в свои права; но тогда уже корабль поднялся на высоту 10 кило, пролетел 351 килом. и приобрел секундную скорость более 2 кило.

Значит некоторая, более плотная, часть атмосферы облегчает путь снаряда, так как на этом протяжении дает ему рельсы, что уменьшает работу, если не считать лобового сопротивления аппарата. Мы допустили ускорение (С) ракеты, равным земному (10 м.). Увеличение давления (С) на снаряд уклонение от касательной сделает еще менее значительным, т.-е. укрепит „рельсы“. Можно точно определить кривую полета, но и так уже дано много формул. Неудобство такого касательного

к Земле полета в том, что полет надо начинать с высоты: с башень или крутых гор, так как первые секунды состоят в понижении ракеты. При С=10, как видно из таблицы, средняя скорость падения от тяжести и сопротивления воздуха не может превышать четырех метров, если начало полета считать от скорости в 100 метров. Таким образом, в 40 — 50 секунд полета снаряд опустится гораздо меньше, чем на 200 метров Вернее—метров на 100. После этого полет уже будет параллелен поверхности Земли, а еще далее начнется удаление от нее. Итак, при умеренном действии (С=10) взрывчатых веществ полет должен начаться с башни высотою в 100 метров или с такой же горы, но при крутом убрыве в 45°. При большем (С) и требуемая высота будет меньше и уклон положе. Это обратно пропорционально. Если сначала двигаться по горизонт. плоскости и так приобрести скорость несколько большую 500 метров в секунду, то совсем не потребуется возвышения, так как падение не будет превышать удаление, происходящее от шаровидности Земли.

Под'ем в атмосфере по восходящей линии. Касательный полет выгоден тем, что позволяѐт употреблять очень малую степень взрывающей (С) силы. В техническом отношении, особенно при первых опытах, это очень важное преимущество. Но в отношении экономии энергии, идущей на сопротивление воздуха, лучше полет, наклонный к горизонту. Хотя, чем больше наклон, тем поневоле приходится употребить большую взрывающую силу (С), так как этот полет подобен поднятию на гору.

Мы уже разобрали его ранее (83) в отношении сопротивления воздуха. Теперь мы можем прибавить, что были правы, предполагая ничтожное уклонение от падения, благодаря сопротивлению атмосферы.

Мы видели, что крутой под'ем невыгоден, особенно отвесный. Тут мы предполагаем малонаклонный полет в атмосфере. Он имеет много выгод. Во-первых, потеря энергии от тяжести меньше. Полет же в воздухе при-

равнивается к восхождению на гору, от чего потеря энергии еще уменьшается. На большой же высоте, где воздух не может служить опорой, действие взрывчатых веществ может быть нормально радиусу, благодаря чему, как мы доказали, потери энергии совсем нет. Во-вторых, можно употребить малую силу взрывания (С). В-третьих, можно воспользоваться горами, чтобы сообщить достаточную подготовительную скорость снаряду, как мы видели, очень полезную, ибо тогда можно избежать падения, в особенности, если наклон пути достаточно велик.

В четвертых, некоторая степень наклона пути сильно уменьшает расход энергии на одоление лобового сопротивления атмосферы. (Сравнительно с касательным или горизонтальным полетом). Наконец, при малой силе взрывания, ракету и все ее части не надо делать особенно массивными. Также и для сохранения человека не нужно предохранительных средств.

При наклонном восходящем движении ракеты, удаление (В) от шаровой поверхности земли зависит от двух причин: от угла наклона и от сферичности планеты:

первое равно: 169... $В_1 = \sin(Ун) \, . \, Дл$.

а второе: 170... $В_2 = Дл^2 : Д_з$.

Отсюда: 171... $$В_1 + В_2 = \sin(Ун) \, . \, Дл + \frac{Дл^2}{Д_з} =$$

$$= Дл \left\{ \sin(Ун) + \frac{Дл}{Д_з} \right\}.$$

Падение выразится известными нам формулами 165 или 166. Но под углом (Уг) в них надо подразумевать другой угол, выражающий уклонение, исключительно зависящее от сопротивления атмосферы и поступательной скорости полета. Он, вообще, чрезвычайно мал.

При восходящем движении, хотя и по малому уклону (Ун), сила взрывания (С) не может быть, как угодно, мала. Ее минимальная величина определяется уравнением:

$$172\ldots \quad C = \sin(\text{Ун}) \cdot \text{Уз}.$$

И при этом ракета будет стоять на горе (воздух). Ускорения еще не будет, а будет сильное падение. Нужно и выгодно, чтобы (С) значительно превышало эту величину. Даем тут наименьшее (С), в зависимости от угла наклона (Ун) и силы тяжести (Уз). (Табл. 14).

Таблица 14.

(Ун) в град.......	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(С) в метр.	0,175	0.349	0,523	0,698	0,872	1,05	1,22	1,39	1,56	1,74
(С), увеличенное в 10 раз	1,75	3,49	5,23	6,98	8,72	10,5	12,2	13,9	15,6	17,4

Отсюда видно, что и увеличенное в 10 раз, оно, даже при десяти градусах наклона, только в 1,7 раза больше силы земной тяжести (10 м.). Но и при этом наклоне и меньшем, очевидно, можно ограничиться несравненно более слабой взрывающей силой (С), примерно, до 0,1 силы тяжести. Это же имеет громадные технические выгоды, так как позволит начать полеты даже при современном состоянии техники.

Даем тут в таблице секундную энергию двигателя на 1 тону ракеты, при разных (С) и различных скоростях (табл. 15). Энергия выражена в тысячах метрических сил (100 к. г. м.). (Приблизительно). Скорости ракеты (Скр) **в килом.** в разные моменты движения.

Таблица 15.

Ускорение (С) ракеты в метрах или взрывающая сила. Скр	0,1	0,2	0,3	0,5	1	2	5	8	11
1	0,1	0,2	0,3	0,5	1	2	5	8	11
2	0,2	0,4	0,6	1	2	4	10	16	22
3	0,3	0,6	0,9	1,5	3	6	15	24	33
5	0,5	1	1,5	2,5	5	10	25	40	55
10	1	2	3	5	10	20	50	80	110
20	2	4	6	10	20	40	100	160	220
30	3	6	9	15	30	60	150	240	330
50	5	10	15	25	50	100	250	400	550
100	10	20	30	50	100	200	500	800	1100

Выходит, что энергия однотонной ракеты, при наименьшем ускорении (и, конечно, малом угле наклона) изменяется от 100 сил до 11 тысяч метрических сил. Если ракета дает 100 кило на мотор, то вначале энергия будет близка к аэропланным двигателям и только при достижении крайней космической скорости увеличивается в 110 раз.

С первого взгляда это устрашает, но не забудем, что имеем дело с реактивными (или ракетными) двигателями. Суть состоит в том, чтобы взрывать в трубе ежесекундно определенное и **неизменное** количество взрывчатых веществ. Сейчас мы покажем на примере и таблице, что оно совсем не велико. Например, для однотонной ракеты, при достижении ею космической скорости в 8 кило, довольно 4 тонны взрывчатых материалов. Время взрывания для получения этой скорости будет 8000 секунд, если средняя величина взрывающей силы равна 1 (0,1 силы тяжести). Значит, в секунду

придется, в среднем, взрывать полкило (около фунта) взрывчатого вещества. Что же здесь недостижимого. Если бы взрывающая сила была даже в 10 раз больше (при большем наклоне), и то пришлось бы взрывать в секунду 5 кило (7 фунтов). И это возможно.

Следующая таблица (16) покажет нам, приблизительно, среднее количество взрывчатых материалов, употребляемых в секунду, при разной взрывающей силе (С). Масса ракеты составляет тонну.

Таблица 16.

Запас взрывчатых веществ, в тоннах	1	4	9	30
Окончательная скорость, в метрах . .	3465	8045	11515	17170
Время взрывания, в секундах	3465	8045	11515	17170
Вр. в часах	0,96	2,23	3,2	4,8
Количество взр. вещ., в килогр. С = 1.	0,29	0,5	0,78	1,75
Тоже, но С = 5	1,45	2,5	3,9	8,75
Тоже, но С = 10	2,9	5	7,8	17,5

Второй космической скорости довольно, чтобы сделаться спутником земли, конечно, вне атмосферы. Третьей — достаточно для одоления земной тяжести и блуждания по земной орбите. И тут секундное взрывание меньше одного кило (2 фунта). Последней скорости довольно для вечного удаления от нашей солнечной системы и блуждания в млечном пути со скоростью, не меньшей скорости пушечного ядра. Даже и тут секундный расход меньше 2 кило (4 фунта). Время взрывания продолжается от одного до 5 часов. Все это при силе (С) взрывания в 10 раз меньшей земной тяжести. При большей силе (С), пропорционально увеличивается секундный расход взрывчатых веществ

и уменьшается время взрывания. Увеличение массы ракеты также сопровождается пропорциональным возростанием секундного расхода, время же взрывания тут не изменяется. Кажется сначала странным, что работа ракетного мотора прогрессивно (со скоростью снаряда) возрастает, между тем, как секундное количество израсходованного взрывчатого материала не увеличивается. Дело в том, что взрывчатое вещество, еще не взорванное, уже имеет энергию тем большую, чем больше скорость несущегося корабля. Поэтому оно и выделяет ее в большем количестве, чем это следует по его потенциальной химической энергии.

Для поднятия, при наклонном движении снаряда, мы нашли формулу 171.

Скорость поднятия, пренебрегая пока шаровидностью Земли, будет: 172... Ск . Sin (Ун). С другой стороны, скорость падения определяется форм. 165. Приравнивая падение поднятию, найдем уравнение, из которого получим:

$$173\ldots\ \text{Sin (Ун)} = \frac{\text{Мр . Уз}}{\text{Плв . Пос . Кп . Ск}^2}.$$

При этом угле начальное движение будет горизонтальным. Если, например, Мр=1; Уз=10; Пос=20; Кп=1; Ск=100; то Sin (Ун)=0,0385, а угол $2{,}_2^0$. При скорости в 200 м., угол будет близок к $0{,}5^0$.

Итак, вполне возможно избежать падения даже при очень малом угле наклона, лишь была бы достаточная начальная скорость. Но она может быть гораздо меньше, если угол наклона будет больше. Так, если угол дойдет до 8^0, то скорости в 50 метров уже будет довольно.

Выводы. Из всего изложенного можем сделать следующее заключение. Полет выгодно начать в горах, на возможно большей высоте. На горах должна быть выровнена дорога, с наклоном не более $10-20^0$. На автомобиль ставится ракета, которая приобретает от него

скорость от 40 до 100 метров. Затем снаряд, восходящим путем, летит самостоятельно, развивая сзади давление взрыванием веществ. Наклон снаряда, по мере увеличения его скорости, уменьшается, и полет приближается к горизонтальному. По выходе же из атмосферы и некоторого удаления от всяких ее следов, полет становится параллельным земной поверхности, т.-е. круговым. Ускорение (c) должно иметь наименьшую величину, примерно, от 1 до 10 метров. Расход на сопротивление воздуха окажется минимальным. Влияние тяжести также почти уничтожается (в отношении потери энергии). Первая скорость приобретается автомобилем, аэропланом или каким угодно прибором: сухопутным, водным или воздушным. Полет не в очень разреженной атмосфере может происходить энергией топлива, сжигаемого кислородом **из атмосферы**. Это с'экономит запасы топлива в 9 раз (идеальное число, когда запасается один чистый водород). Если ракета в воздухе еще не приобрела космической скорости, освобождающей ее от тяготения Земли, то в очень разреженных воздушных слоях кислородом атмосферы пользоваться уже нельзя. Поэтому тут пускается в ход запасный жидкий кислород или непрочное (по возможности, эндогенное) его соединение с другими газами (например, с азотом). Тогда недополученная скорость доводится до космической.

Общий план космических достижений. Мы можем достигнуть завоевания солнечной системы очень доступной тактикой. Решим сначала легчайшую задачу: устроить эфирное поселение по близости Земли, в качестве ее спутника, на расстоянии 1—2 тысяч километров от поверхности, вне атмосферы. При этом относительный запас взрывчатого материала вполне доступен, так как не превышает 4—10 (сравнительно с весом ракеты). Если же воспользоваться предварительною скоростью, полученной на самой земной поверхности, то этот запас окажется совсем незначительным (об этом впереди).

Поселившись тут устойчиво и общественно, получив надежную и безопасную базу, освоившись хорошо с жизнью в эфире (в материальной пустоте), мы уже более легким путем будем изменять свою скорость, удаляться от Земли и Солнца, вообще, разгуливать, где нам поправится. Дело в том, что в состоянии спутника Земли или Солнца мы можем употреблять самые малые силы для увеличения, уменьшения и всякого изменения своей скорости, а стало быть и нашего космического положения. Энергии же кругом великое изобилие, в виде никогда не погасающего, непрерывного и девственного лучеиспускания Солнца. Точкой опоры или опорным материалом могут служить отрицательные и, в особенности, положительные (атомы гелия) электроны, заимствованные от солнечного излучения. Этой энергии сколько угодно, и уловлять ее не трудно в огромном количестве, протянутыми далеко от ракеты, проводниками или иными неизвестными средствами. Можно воспользоваться и давлением света, направив его отражателями по надобности. В самом деле, килограмм вещества, с поверхностью в один квадратный метр, в течение года получает от солнечного света приращение скорости, большее 200 метров в секунду. Вследствие отсутствия тяжести (кажущееся, конечно, или относительное), здесь как раз можно устраивать огромные легкие зеркала, дающие возможность приобретать гораздо большие прибавочные скорости и, таким образом, теряя их (на счет их же), „бесплатно“ путешествовать по всей солнечной системе.

Так мы можем добраться до астероидов, маленьких планеток, спуск на которые, по малой на них тяжести, не представляет трудности. Достигнув этих крохотных небесных тел (от 400 до 10 и менее километров в диаметре), мы получим обилие опорного и строительного материала для космических путешествий и ведения эфирного хозяйства. Отсюда для нас откроется путь не только ко всем планетам нашей системы, но и путь к другим солнцам.

Мы уже говорили о том, что возможен **спуск на Землю без затраты вещества и энергии.** Устройство первого хозяйства, по близости Земли, нуждается в постоянной земной помощи. Сразу на ноги самостоятельно оно стать не может. Поэтому необходимы постоянные сношения с планетой. От нее придется получать машины, материалы, разные сооружения, продукты питания, людей. Неизбежен и частый обмен работников, в виду необычности среды.

Для возвращения на Землю нет надобности прибегать к контр-взрыванию и, таким образом, тратить запасы вещества и энергии. Если, по близости атмосферы, слабым обратным взрыванием, еще более подойдем к ней и, наконец, заденем за ее края, то сейчас же будем, от сопротивления воздуха, терять скорость и по спирали спускаться к Земле. Собственно, скорость сначала, от падения, будет увеличиваться, потом же, при вступлении в более плотную часть атмосферы, она начнет уменьшаться. Когда она сделается недостаточной, чтобы одной центробежной силой уравновешивать силу тяжести, то, наклонив продольную ось снаряда, начинают планировать. Можно еще увеличить скорость, увеличив наклон ракеты вниз и прибавляя, через падение, быстроту. Одним словом, мы поступаем с ракетой, как с аэропланом, у которого остановлен мотор. Как тут, так и там, надо приноровить момент потери большей части скорости к моменту касания суши или воды. Терять громадную скорость ракеты на высотах совершенно безопасно, в виду чрезвычайной поразительной разреженности там воздуха. Можно даже потерять почти всю скорость, обернувшись много раз кругом земли: оставить только 200—300 метров в секунду (смотря по плотности окружающей среды), а затем поступать как с самолетом. Но все же, если у ракеты нет добавочных планов, приземление совершается при гораздо большей скорости, чем у аэроплана, и потому оно рискованнее. Его хорошо делать не на суше, а на воде.

Из сказанного видим, что небесный корабль должен иметь и некоторые черты самолета.

Каковы же условия жизни в эфире? В ракете долго существовать невозможно: запасы кислорода для дыхания и пища должны скоро выйти, продукты же дыхания и пищеварения загрязнят воздух. Нужны особые жилища—безопасные, светлые, с желаемой температурой, с возобновляющимся кислородом, с постоянным притоком пищи, с удобствами для жизни и работы.

Эти жилища и все принадлежности для них должны доставляться ракетами с Земли в сложенном (компактном) виде, раскладываться и собираться в эфире, по прибытии на место. Жилище должно быть непроницаемо для газов и паров и проницаемо для света.

Его материалы: никкелированная сталь, простое и кварцевое стекло. Обитель состоит из многих отделений, изолированных друг от друга и сообщающихся только плотно закрывающимися дверями. Если какой-либо отсек будет пробит или окажется проницаемым для газов, то можно сейчас же спастись в другом, а испорченный исправить. Малейшая утечка скажется уменьшением давления и показанием чувствительного манометра. Тогда же можно принять меры к уничтожению проницаемости. Таким образом, безопасность жизни в пустоте можно довести до 100%.

Около одной трети поверхности жилища открыто для лучей солнечного света. Они проникают во все отделения, благодаря прозрачности перегородок.

Вся поверхность жилища покрыта двойным слоем тонких подвижных ставней, как черепицей или крупной чешуей. Если неосвещенная солнцем часть здания покрыта блестящими ставнями, а прозрачная открыта для солнечных лучей, то получается наивысшая температура, достигающая 150° Цельсия. Если же, наоборот, непрозрачная покрыта выдвинутым черным слоем, а прозрачная блестящей, как серебро, поверхностью, то получается низшая температура, достигающая

вдали от Земли 250° холода. По близости же планеты температура не может понизиться более, чем на 100—150° ниже нуля, так как Земля согревает. Комбинируя, или сочетая, блестящую чешую (панцырь) с черной, в том или другом количественном отношении, получим любую степень тепла: для взрослых, детей, растений, бань, прачешных, для дезинфекции, промышленных целей и т. под.

Вот примерное устройство теплового приспособления, дающего разнообразную температуру, хотя и не крайние возможные пределы тепла. Непрозрачная часть жилища снаружи черная. На небольшом расстоянии от нее находится вторая блестящая с обеих сторон чешуя. Ее части могут вращаться и становиться нормально к поверхности, как иглы ежа. Тогда получается низшая температура. Когда же эта броня закрывает черную поверхность, то получается высшая степень тепла. Такая же чешуя может быть и на прозрачной части жилища. Тогда можно получить более низкую температуру. В зависимости от назначения эфирных камер, их устройство может быть очень разнообразно. Так, напр., блестящая чешуя может надвигаться одна на другую в несколько слоев и открывать, более или менее, черную поверхность жилища, давая желаемую степень теплоты.

Первое время будут простейшие дома, пригодные как для людей, так и для растений. Они заполнены кислородом плотности в одну пятую атмосферы, небольшими количествами углекислого газа, азота и паров воды. Тут же находится немного плодородной и влажной почвы. Она, освещенная солнцем и засеянная, может давать богатые питательными веществами корнеплодные и другие растения. Люди будут портить воздух и поедать плоды, а растения будут очищать воздух и производить плоды. Человек будет возвращать в полной мере то, что он похитил от растений: в виде удобрений для почвы и воздуха. При этом невозможно обойтись без работы разного рода бактерий.

Совершенно тот же оборот между животными и растениями мы видим на земном шаре. Он также изолирован от других небесных тел, как и наша ракета-жилище.

Человеку дает пища 3.000 больших калорий в сутки. Столько же даст тепла полкилогр. угля или кило муки, или 3 кило картофеля, или 2 кило мяса Квадратный метр поверхности, освещенной нормальными лучами Солнца, в пустоте, на расстоянии Земли (от светила), получает в сутки 43.000 калорий, что соответствует 10 кило муки, или 43 кило картофеля (также банана), или 30 кило мяса.

Значит, теоретически, окно в 1 кв. м., освещенное нормальными к нему лучами Солнца, дает человеку в 14 раз больше энергии, чем нужно для жизни в суровом климате. Некоторые растения используют до 10% солнечной энергии (таков кактус Бербанка), другие до 5% (банан и корнеплодные). Таким образом, для существования человека, т.-е. для получения необходимых ему кислорода и пищи, достаточно 1 кв. метра солнечных лучей, при условии утилизации энергии Солнца в $^1/_{14}$ или в 7%. Выходит, что для насущных потребностей одного сильного человека довольно жилища с окном в один кв. м. и подходящими растениями. Но растения еще можно культивировать отбором и искусственным оплодотворением. Возможно, что они со временем будут давать, при идеальных эфирных условиях, не 5 и не 10%, а 50% и более. Но и современные растения, при некотором выборе, могут уже удовлетворить нас.

Растениям в наших жилищах может быть очень хорошо. Так, температура самая для них благоприятная, количество углекислого газа может быть доведено без вреда для человека до 1%, т.-е. его будет в 30 раз больше, чем на Земле, влажность — любая, удобрение — полное и подходящее, свет желаемого напряжения и состава лучей (к чему могут послужить стекла разных цветов и свойств), полное уничтожение всяких

вредителей, сорных трав и посторонних культур путем предварительного очищения почвы повышением температуры.

Однако, далеко не совпадают между собой потребности разных растений и человека. Для каждого существа нужна особая наиболее подходящая для него среда. Так это и будет современем в эфире: для одних растений такое-то помещение, с такою-то почвою, атмосферою, влагою светом и температурою, — для других иное, для человека еще более отличающееся. И для разных рас, возрастов, темпераментов жилища не однообразны.

На первое время можно довольствоваться сожительством (симбиоз) растений с человеком.

Тяжести не будут ощущать ни растения, ни люди. И для тех и для других это может быть очень выгодно. Растениям не нужны будут толстые стволы и ветки, которые нередко ломаются от обилия плодов и составляют бесполезный балласт деревьев, кустарников и даже трав. Тяжесть же мешает и поднятию соков. Маленькая тяжесть все-таки может быть полезна растениям: для удержания почвы и воды в одном месте и, вообще, для порядка. Но ее легко получить слабым вращением жилища или оранжерей. Как для растений, так и для людей она почти не будет заметна: стволы не будут гнуться и люди будут попрежнему свободно совершать полеты во всех направлениях, двигаясь по инерции куда надо. Величина искусственной тяжести будет зависеть от угловой скорости и радиуса вращения. Примерно, она может быть в 1000 раз менее земной, хотя ничто не мешает нам сделать ее и в 1000 раз более земной. На вращение оранжерей или дома не нужно никакого расхода сил. Предметы вращаются сами собой, по инерции, если раз приведены в движение. Последнее вечно, как вращение планеты.

Желаемая температура даст человеку возможность обходиться без одежды и обуви. Обилие тепла ограничит и потребность пищи.

Дезинфекция уничтожит все заразные болезни и всех вредителей и врагов растений и человека. Отсутствие тяжести освобождает людей от постелей, кресел, столов, экипажей и сил для движения. В самом деле, даволько толчка, чтобы двигаться вечно по инерции.

Работы всякого рода тут удобнее производить, чем на Земле. Во-первых, потому, что сооружения могут быть неограниченно велики при самом слабом материале — тяжесть все равно их не разрушит, так как ее тут нет. Во-вторых, человек здесь в состоянии работать при всяком положении, закрепив только ноги или другую часть тела — ни отвесных, ни горизонтальных линий тут нет. Нет ни верха, ни низа. Упасть никуда нельзя. Никакие даже самые массивные предметы задавить работника не могут, так как они никуда не падают, даже без всякой опоры. Все составные части тела, как бы они велики не были, не давят друг на друга. Перемещаются все вещи при малейшем усилии, независимо от их массы и размера, нужна только единовременная затрата, пропорциональная массе предмета и квадрату его скорости: затем уже тела двигаются без остановки. Остановка же может возвратить потраченную на первоначальное движение работу. Так что транспорт буквально ничего не стоит.

Но не надо забывать, что явления инерции (или косности) остаются и тут в такой же степени, как и на Земле; удары так же сильны, как на планете, в среде тяжести. Ковка успешна. Попав между двумя различно (или несогласно) движущимися твердыми массами, мы можем быть раздавлены — при их значительной величине или большой скорости. Также успешно действуют всякого рода прессы, рычаги, дробилки, молоты и все другие машины, если действие их не основано или не зависит от силы тяжести.

Нет борьбы с погодой, со слякотью, холодом, туманом, ливнем, сыростью, ветром, ураганами, тьмою, жаром и т. п. Нет борьбы с животными и растениями. Для

работы вне искусственной среды, т. е. вне жилища нельзя быть голым (пока человек не приспособится для жизни в пустоте, что не может совершиться скоро и что должно радикально преобразовать его тело). В эфире, в пустоте работники и гуляющие должны облекаться в особые предохранительные одежды, вроде водолазных одежд (скафандр). Они, как и закрытые жилища, дают кислород и поглощают продукты человеческих выделений. Это упрощенное подобие тесных жилищ, непосредственно примыкающих к телу. Разница только в том, что кислород тут не растения дают, а он запасается заранее и выделяется понемногу, как в усовершенствованных водалазных костюмах. Особые стекла предохраняют от губительного действия солнечных лучей. Эти одежды непроницаемы для газов, обладают достаточною гибкостью и крепостью, чтобы выдерживать давление газов и не стеснять движения членов. Органические выделения поглощаются, влажность внутри одежды регулируется. Окраска одежды должна соответствовать желаемой температуре. В одной одежде холодно, а в другой жарко. Можно испечься в одном облачении и замерзнуть в другом. Поверхность скафандры может быть броневая сдвижная, как жилище. Тогда температуру можно менять по желанию.

Внутри жилищ работы производятся, как на Земле, только гораздо удобнее, так как не связывает тяжесть и ее направление, не стесняет одежда, обувь, холод, жар и обычная земная грязь одежды.

Все сооружения, скафандры, орудия, оранжереи или жилища — все должно быть сделано и испытано заранее на Земле. Вся работа в эфире, на первое время, ограничивается лишь сборкой готовых частей. Первые колонии должны основываться на счет своей планеты, тем более, что и материалов по близости Земли вероятно никаких нет (можно только захватывать составные части разреженной атмосферы, но этого недостаточно). Хорошо, если колонии на первых порах не будут хотя нуждаться в кислороде и пище. Но начало техники

возможно и тут. Еще менее колонии будут нуждаться в помощи, когда поселятся в поясе астероидов, между Марсом и Юпитером, где не может быть нужды в сыром материале. Здесь поселения получат не только множество планеток, дающих сколько угодно вещества и не стесняющих своею тяжестью, тут не только мы получим солидное положение, но и ужасающие пространства с солнечной энергиею, общее количество которой в две тысячи миллионов раз больше того, которое получает сейчас наша планета. Температуру же в поясе астероидов можно довести простым способом (описанным давно в моих рукописях и патентованным Маркузе) до 20° Цельсия и больше. Сложными способами и зеркалами она может быть доведена до температуры Солнца, а путем электричества еще выше. Но ничто не мешает нам переселиться и ближе к Солнцу, где его сила в десятки и сотни раз больше, чем на Земле. Температура в наших руках. Массы вещества найдутся и между орбитами нижних планет.

Мы говорили, что борьбы с природой почти нет. Но бороться с давлением газов, убийственными лучами Солнца, с несовершенною природою человека и растений необходимо. Воевать за комфорт, знание, усовершенствования людей и т. д. неизбежно. Борьбы много, хотя она и не так мелочна, как на Земле.

Развитие в эфире промышленности (индустрии) в самом широком смысле этого слова. Первые земные животные зародились в воде. Она устраняет тяжесть, т. е. разрушающую силу, которая особенно была вредна первым нежным организмам. Уничтоженная тяжесть, противодействием жидкости, уже не мешает неограниченному развитию размеров водных существ (как растений, так и животных). Таким образом, водные существа должны бы достигнуть значительного об'ема, а значит и такого же об'емистого мозга. Они бы поэтому должны сделаться господами планеты. Почему же этого не вышло,

почему опередили сухопутные? Главная причина заключается в невозможности поддерживать в жидкости высокую температуру, необходимую для промышленных целей. Водные животные, ушедшие из моря, чтобы превратиться в наземных, понемногу достигли господства над земным шаром, хотя сначала и были очень слабы. Но конкуренции на суше не было и потому они, борясь только между собой, могли достигнуть высшего развития. Одна из причин их преобладания в том, что они могли получить огонь и родить индустрию. Другая причина отсталости водных—поглощение водой солнечной энергии. Они не могли ей пользоваться в такой же степени, как сухопутные. Они не имели твердой опоры, так как дно большинства океанов было недоступно глубоко и погружено в полнейший мрак. Третья отсталость происходит от недостатка кислорода в воде и невозможности поддерживать наиболее благоприятную для жизненных процессов температуру в самом корпусе существа — и в силу малости кислорода и в силу охлаждающего влияния плотной и теплоемкой среды. Свободное движение в ней также затрудняется массивностью воды. Не было и материала для индустрии, если не считать береговых и мелководных пространств, ограниченных площадью, полутемных и покрытых полужидкими наносами.

Выход на воздух и борьба с тяжестью могла начаться у водных уже после развития мускулатуры. Борьба эта была трудна, но победа была в конце концов одержана. Также будет одержана победа и при переходе существ из воздуха в эфир. Для перехода на сушу нужны были мускулы, а для перехода из воздуха в пустоту — развитие промышленности, в особенности моторной. На Земле, в среде тяжести, она подвигается медленно, хотя воздух для этого лучше воды. Еще удобнее для развития культуры эфирное пространство, в особенности свободное от разрушительной и ограничительной силы тяжести. Такому условию больше всего удовлетворяют изолированные от планет

поселения или крохотные астероиды. Тут и обилие материала, и незаметная тяжесть, и девственный солнечный свет, и безграничное и доступное пространство, и солнечная энергия, превышающая земную в 2 миллиарда раз, и свобода перемещения на все **шесть** сторон — даже до иных солнечных систем.

Здесь можно непосредственною силою Солнца с помощью зеркал и стекол получить огненные очаги любой величины, с температурою от 273° холода до 6000° тепла. Преобразованием солнечной энергии в механическую, а затем в электрическую можно получить до 20 тысяч град. и более.

Сильнее всего отнимает тепло от нагретых тел водная среда, но и воздух мешает сильному нагреванию или охлаждению тел. Он также окисляет поверхность обрабатываемых предметов, сжигает их или препятствует их сохранению и сплавлению (свариванию) в одно целое. В пустоте этого минуса для промышленности нет.

Тяжесть также страшно мешает строительству, развитию техники, действию машин, перемещению и соцальному общению.

Понятно поэтому, почему в поясе маленьких планеток (где тяжесть легко одолима самым слабым движением), в эфире, в царстве непрерывного света и шестистороннего простора, индустрия и эволюция разумных существ, не ограниченных размерами мозга, должны достигнуть неслыханных успехов.

Единственное затруднение — отсутствие воздуха и производимого им давления на тело, которое стало необходимостью для животных. Потом существа приспособятся и к этому, но сначала придется иметь дело с искусственной атмосферой для растений и людей. Пустота и девственный солнечный свет убивают. Противоядием послужат: хорошо изолированные **многокамерные** жилища, скафандры и искусственный подбор существ. Кислород же, вода, металлы и другие необходимые вещества находятся почти во всех камнях. Надо только их извлечь. Цели индустрии в эфире,

в общем, такие же, как и на Земле, только много обширнее, несмотря на то, что человеку не нужны будут ни одежды, ни мебель, ни многое другое.

Земная подготовительная ракета. Площадка для разбега. Полотно. Мотор. Сопротивление воздуха. Трение. Мы видели, что ракета еще на Земле должна приобрести некоторую скорость, чтобы сразу лететь горизонтально или наклонно, восходящим путем. Чем больше будет полученная от разбега скорость, тем лучше. Желательно, чтобы снаряд не тратил при этом своей запасной энергии в образе взрывчатых веществ. А это возможно только в том случае, если наша ракета будет приведена в движение посторонней силой: автомобилем, пароходом, локомативом, аэропланом, дирижаблем, газовой или электромагнитной пушкой и проч. Известные готовые способы не могут дать скорости больше 100 — 200 метров в секунду, так как ни колеса, ни воздушные винты не могут без разрыва вращаться быстрее. Скорость их по окружности можно довести до 200 метров — не более. Значит эту скорость (720 кило в час) не могут превзойти обычные орудия передвижения. Для начала, пожалуй, и этого много. Но мы будем стремиться сообщить ракете возможно большую предварительную скорость, чтобы она сберегла свой запас взрывчатого материала для дальнейшего полета, когда она уже оставит свой твердый путь. Отсюда видно, что для приобретения снарядом скорости, большей 200 метров, нужны особые приспособления. Газовые и элекромагнитные пушки, на первое время, мы должны отвергнуть, как сооружения черезчур дорогие, многомиллионные, вследствие их большой длины. В коротких же относительная тяжесть (толчек) все убьет и изломает. Самый простой и дешевый в этом случае прием — ракетный, реактивный. Мы хотим сказать, что наша космическая ракета должна быть вложена или поставлена на другую земную, которая, не отрываясь от почвы, и сообщит ей желаемый разбег. Для земной ракеты нужен плоский прямолинейный наклонно восходящий путь.

Воздушные винты невозможны и не нужны. Их тяга заменяется задним давлением взрывающихся в трубе газов. Колеса, для облегчения трения, не годны. Земная ракета двигается как сани.

Трение твердых тел представляет довольно значительное сопротивление, даже если облегчается смазкой. Например, коэфицент трения для железа по сухому чугуну или бронзе (и обратно) составляет около 0,2. Это значит, что снаряд весом в одну тонну приводится в движение на горизонтальной плоскости силою, не меньшею 0,2 тонны, или 200 килограмм. Такова величина трения для давлений, не превышающих 8—10 кило на кв. сантиметр трущейся поверхности. При большем напоре, коэфицент трения возрастает почти пропорционально. Представим себе железную или медную пластину, высотою не более 10 метров. Она рождает трение, соответствующее данному коэфиценту. Если же толщина пластины будет вдвое больше, то и коэфицент трения увеличится вдвое (0,4). При глубине этого металлического поля в 40 метров уже повреждается при его скольжении путь (чугунная или бронзовая основа—дорога, по которой движется пластина).

Замечательно, что коэфицент трения с увеличением скорости трущихся тел уменьшается раза в 4 и более (в узких пределах опыта). При обыкновенном давлении, не нарушающем указанные пределы и при **обильной** смазке, коэфицент трения тех же тел может уменьшиться в 5—10 раз. Смачивание трущихся поверхностей водой уменьшает трение раза в два. Коэфицент трения металла по льду и снегу (и обратно) доходит до 0,02, т.-е. в 10 раз меньше трения сухих разнородных металлов и сравнивается, значит, с величиною трения при обильной смазке. Итак, если ракета двигается по льду или ровному и обильно смазанному металлическому полотну, то нет неодолимых препятствий для быстрого движения без колес. Если, например, на снаряд производится давление газов, равное его весу (g=10), то на трение теряется только от 20 до 2%

всей затраченной на движение земной ракеты энергии. При ускорении в 5 м. (с=5), затрата будет от 40 до 4%. Если С=1, то затрата уже составит от 200 до 40%, что нетерпимо.

Впрочем, я знаю способы сводить трение почти к нулю, но об этом поговорим в другой книге.

Мы приходим к мысли о земной ракете, двигающейся по обыкновенным, но гладким и строго прямолинейным рельсам, обильно смазывающимся выпирающим из полозьев машины салом, маслом или льдом. Последнее возможно только в холодное время года, или на высоких горах, где температура ниже нуля.

Форма земной ракеты должна быть легкообтекаемой воздухом. Чем она будет продолговатей, тем легче ракета будет рассекать среду, если не считать трение воздуха о стенки земной ракеты. При ее продолговатости в 100 или 200 (т. е когда длина во столько раз превышает наибольший поперечник снаряда), можно даже принимать в расчет одно трение. В виду, как увидим, очень длинного пути, необходимого для разбега снаряда, он и сам может быть очень длинен — места хватит.

Особые вычисления и соображения, которые мы тут не приводим, показывают, что величина трения

не может превышать числа $174 \ldots \frac{Плг}{6\sqrt{3}} Пц \cdot Скм$, какая бы ни была скорость трущейся поверхности. Из формулы видим, что это предельное трение пропорционально трущейся площади (Пц), плотности газа (Плг) и скорости движения его молекул (Скм). Такой вывод сравнивает, при огромных скоростях, газы с твердыми телами, так как и у последних трение не очень зависит от скорости трущегося тела. Преобразованием формулы 174 не трудно доказать, что для „постоянных“ газов и неизменного внешнего давления это предельное трение пропорционально квадратному корню из молеку-

лярного веса газа, и обратно пропорционально квадр. корню из температуры газа. Значит, например, при атмосферном давлении нагретый водород дает меньше трения, чем холодный воздух. Напротив, холодный углекислый газ представляет большее сопротивление, чем нагретый воздух. При одной же плотности газов вывод будет обратный, т.-е. газы с малым молекулярным весом и нагретые дают больший коэфициент трения. Говорим про пределы.

По формуле 174, для обычного воздуха, на 1 кв. метр, найдем предельное трение, близким к 0,011 тонны.

Другие соображения дают для величины трения формулу:

$$175\ldots\ Двл = \frac{Тщ_1}{2Уз} Дл\ .\ Ш\ .\ Плг\ .\ Скс\ .$$

Значит, коэфициент трения пропорционален плотности газа (Плг), скорости снаряда и толщине ($Тщ_1$) прилипшего воздуха к одному квадратному метру, движущемуся со скоростью одного метра в секунду. Но, к сожалению, эта формула верна только тогда, когда скорость снаряда имеет столько метров, сколько он сам имеет метров длины. Следовательно, в этой формуле мы должны положить Дл=Скс. Тогда получим:

$$176\ldots\ Двл = \frac{Тщ_1}{2Уз}\ .\ Дл^2\ Ш.\ Плг = \frac{Тщ_1}{2Уз} Скс^2\ .\ Ш.\ Плг.$$

Положим тут: 2Уз=20; Ш=3; Плг=0,0013; кроме того мне из личных опытов известно, что $Тщ_1$=0,01 (1 сантиметр). Тогда найдем:

$$177\ldots\ Двл = 195\ .\ 10^{-8}\ .\ Ск^2 = 195\ .\ 10^{-8}\ .\ Дл^2.$$

Допустим еще, что вес всего снаряда в тоннах выражается числом =Дл. Тогда составим следующую таблицу (17) для разных ускорений (С) и разных скоростей снаряда.

Таблица 17.

Длина, вес и скорость земной ракеты в метрах и тоннах .	1	10	100	500	1000	1500	2000	3000	5000
Величина трения в килограммах . . .	0,002	0,2	20	500	2000	4500	8000	18000	50000
Сопротивление по отношению к давлению на снаряд в процентах. C=10 . . .	0,0002	0,002	0,02	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	1
Тоже C=1	0,002	0,02	0,2	1	2	3	4	6	10
Тоже C=4	0,0005	0,005	0,05	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2,5

Видим, что даже при скорости в 5 кило и ускорении земной ракеты в 0,1 тяжести (C = 1) потеря не превышает 10%. Но тут большое неудобство: ракета должна иметь в длину до 5 кило. При малых скоростях и малых длинах снаряда поглощается незаметный процент работы. Но тут тупой снаряд даст значительное сопротивление от работы раздвигания воздуха.

Длина земной ракеты не должна превосходить 100 метров, в противном случае ракета будет иметь большую массу и ценность, да и абсолютная работа, необходимая для придания ей скорости и одоления сопротивления воздуха, будет велика. Значит, надо много взрывчатых веществ и затрат на них. Если ракета будет короче чем в таблице во столько раз $\left(\frac{\text{Скс}}{\text{Дл}}\right)$, то каждая частица воздуха будет подвергаться смещению более короткое время, чем когда скорость снаряда численно равна длине его. Время уменьшится в (Скс: Дл),

но толщина (Тщ) увлекаемого слоя воздуха уменьшится не пропорционально, а примерно во столько раз: $\left\{1 + \text{Le}\left(\frac{\text{Скс}}{\text{Дл}}\right)\right\}$. Во столько же раз уменьшится и сопротивление воздуха. Таким образом, вместо формулы 176, получим более точную, пригодную для всяких длин земной ракеты, а именно:

$$178\ldots\ \text{Двл} = \frac{\text{Тщ}}{2.\text{У}_3} . \text{Дл} . \text{Ш} . \text{Плг} . \text{Скс} : \left\{1 + \text{Le}\left(\frac{\text{Скс}}{\text{Дл}}\right)\right\}.$$

Положим длину ракеты постоянной и равной 100 метрам. Скорости же различны. Тогда получим (18).

Таблица 18.

Скс в метрах . . .	100	200	300	400	500	700	1000	2000	3000	4000
$\frac{\text{Скс}}{\text{Дл}}$	1	2	3	4	5	7	10	20	30	40
$\text{Le}\left(\frac{\text{Скс}}{\text{Дл}}\right)$	0	0,69	1,10	1,39	1,61	1,95	2,30	3,00	3,40	3,69
$\text{Le}\left(\frac{\text{Скс}}{\text{Дл.}}\right)+1$ . . .	1	1,69	2,10	2,39	2,61	2,95	3,30	4,00	4,40	4,69

Последняя строка показывает во сколько раз уменьшается толщина прилипшего слоя газа и сопротивление от трения в зависимости от уклонения длины (2-я строка).

Пусть в формуле 178 $\text{Тщ}_1 = 0{,}01$; Дл=100; Ш=3.

Тогда найдем: $179\ldots\ \text{Двл} = 195.10^{-6} . \text{Скс} : \left\{1 + \text{Le}\left(\frac{\text{Скс}}{\text{Дл}}\right)\right\}.$

Это дает возможность составить следующую таблицу (19) абсолютных и относительных сопротивлений при разной силе взрывания (С).

Таблица 19.

		(Скс) в метрах.	100	200	300	400	500	700	1000	2000	3000	4000
		Давл. в килогр.	19,5	23,1	27,9	32,6	37,4	46,3	59,1	97,5	133,0	167,0
Относительное сопро-	тивление в процентах.	Масса=100 т. С=10.	0,02	0,023	0,028	0,033	0,037	0,046	0,059	0,098	0,133	0,167
		Масса=100 С=1.	0,2	0,23	0,28	0,33	0,37	0,46	0,59	0,98	1,33	1,67
		Масса=10 С=1.	2	2,3	2,8	3,3	3,7	4,6	5,9	9,8	13,3	16,7
		Масса=10 С=4.	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,5	2,5	3,3	4,2

Отсюда видно, что даже при самом малом ускорении ($C = 1$) и ничтожной массивности (10 тонн) ракеты, трение поглощает не более 17%.

Решим теперь вопрос **о длине площадки** для разбега земной ракеты. Часть площадки послужит для ускорения движения, а другая часть для замедления и уничтожения его. Контр-взрывание не есть экономный способ уничтожения приобретенной скорости. Торможением через трение или сопротивление воздуха это можно сделать даже скорее, т.-е. на более коротком пути. Можно прекратить смазку и выставить перпендикулярно к направлению движения планы. Их воздушное сопротивление скоро уничтожит скорость земной ракеты. На торможение, особенно, если люди уже улетели в космической ракете, надо гораздо меньшую часть дороги, чем на ускорение. Общая картина такова. Земная ракета мчится по рельсам ускоренным движением вместе с космической. Когда получится наибольшая скорость и начинается торможение земной ракеты, космическая вырвется по инерции из земной и пойдет своим путем все скорее и скорее, благодаря начавшемуся собственному взрыванию. Заторможенная же воздухом или другими средствами земная ракета покатит

далее по площадке, но все медленнее, пока не остановится. Тормозящую часть площадки мы не будем считать, так как она может быть очень коротка. Чтобы сопротивление было наименьшим, космическая ракета должна составлять переднюю часть земной. Нос первой будет открыт (наружи), а корма спрячется в ракете земной. Когда движение последней будет замедляться, то космическая ракета вырвется из земной и оставит ее. В земной поневоле откроется широкая пасть (зев), которая, представляя огромное сопротивление и затормозится очень скоро воздухом. Ракета, без хлопот, сама остановится. Земная ракета очень длинная, и космическая займет в ней своей кормой только малую часть. Остальная останется для наполнения ее взрывчатым материалом и органами управления.

Для составления таблицы 20 (наибольших скоростей земной ракеты) имеем формулы:

$$180 \ldots \quad P = C - T \cdot \text{Sin}\ (Уг).$$

Тут видим: равнодействующую (P), ускорение от взрывающей силы (C), тяжесть Земли (10 м.) и угол наклона пути к горизонту. Далее:

$$181 \ldots \quad Ск = \sqrt{2 \cdot P \cdot Дл} = \sqrt{2\,[C - T \cdot \text{Sin}\ (Уг)] \cdot Дл}.$$

Давление (Дв) на ракету взрывчатых веществ определяется уравнением: $182 \ldots \quad Дв = Мр \frac{C}{T}$, где (Мр) есть масса ракеты; давление выражено в обыкновенных единицах.

Площадку считаем горизонтальной (Уг=0). Может понадобиться только очень малый наклон, который приведенные скорости уменьшит немного, как и сопротивление воздуха.

Таблица 20.

Длина рельс в килом.	1	2	5	10	50	100	200	300	500
С=100 .	447	634	1030	1420	3180	1470	6340	7780	10300
С=50 .	319	453	735	1015	2270	3193	4530	5560	7360
С=30 .	246	348	404	780	1750	2460	3480	4280	5650
С=20 .	201	282	460	634	1424	1998	2835	3479	4600
С=10 .	142	200	326	450	1000	1420	2000	2460	3260
С = 5 .	101	141	230	315	710	1000	1418	1740	2300
С = 3 .	78	109	178	246	550	774	1096	1340	1780
С = 1 .	45	63	103	142	318	447	634	778	1030

Время движения земной ракеты получим, если скорость разделим на ускорение (С). Так при 500 кило пути найдем, по таблице, от 103 сек. до 1030 секунд. При пути в 1 кило время будет от 4½ до 45 секунд. Время торможения может быть очень коротко.

Тяжесть, которая рождается от ускорения, по таблице, меняется от 0,1 до 10 земной. Слагаясь с последней, она дает кажущуюся тяжесть в ракетах от 1 до 10 (приблизительно). Рельсовый путь где-нибудь в горах, на высоте, возможен длиною и в 500 кило

(около 5° Земли). Так что есть даже надежда на получение космических скоростей. Но большая тяжесть заставляет упрочнять ракеты и тем увеличивать их массы. Также понадобятся от нее и предохранительные средства для человека. Наконец, увеличивается работа сопротивления воздуха. Одним словом, достаточно и ускорение (С), равное земному, и тогда уже получим вполне достаточную предварительную скорость до 3260 метров. Небольшой очень полезный наклон пути в 10—20° немного уменьшит подготовительную скорость.

Можем вычислить и **запасы взрывания для земной ракеты.** Если пустая земная ракета весит 10 тонн, да небесная ракета с зарядом столько-же, то все вместе составит 20 тонн. Теперь по таблице (см. 43), вычислим в тоннах запас взрывного материала для земной ракеты для получения разных скоростей. Скорость отброса (Ско) допустим в 4 кило.

Таблица 21.

Mo : Mp . .	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,5	2
Mo тонны .	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	30	40
$Ск_1$ в метр.	378	728	1048	1344	1620	1876	2116	2344	2568	2772	3660	4392

Этих скоростей вполне довольно, между тем запас не превышает 40 тонн. Заметим, что сильное торможение может убить человека, управляющего земной ракетой. Поэтому лучше, если последняя управляется автоматически без людей. Пассажиры же космической ракеты окажутся вне при торможении, так как она уже вырвется тогда из земного снаряда.

Если космическая ракета таким путем **получила начальную скорость без затраты своего собственного запаса,** то она их может запасать меньше или, при тех же запасах, получать большую космическую скорость.

Имели: 34... $d\text{Скр} = -\text{Ско} \cdot \frac{d\,\text{Мо}}{\text{Мр}_1 + \text{Мо}}$ и

35... $\text{Скр} = -\text{Ско} \cdot Le\,(\text{Мр}_1 + \text{Мо}) + \text{Пост.}$

Если начальная скорость ракеты = Скн, то Мо=Мон, т. е. масса отброса будет наибольшая (начальная). Следовательно,

183... $\text{Скн} = -\text{Ско}\ Le\,(\text{Мр}_1 + \text{Мон}) + \text{Пост.}$

Вычитая из (35) (183), получим:

184... $\text{Скр} - \text{Скрн} = \text{Ско}\ Le\left(\frac{\text{Мр}_1 + \text{Мон}}{\text{Мр}_1 + \text{Мо}}\right).$

Если Мо=0, то получим наибольшую скорость (Скр_1). Следовательно,

185... $\text{Скр}_1 = \text{Скн} + \text{Ско} \cdot Le\left(1 + \frac{\text{Мон}}{\text{Мр}_1}\right).$

Положим, что подготовительная, начальная скорость ракеты равна трем кило, а надо иметь (Скр) 8 кило. (Ско) положим в 5 кило. Тогда, по таблице 6, найдем относительный запас космической ракеты равным $\text{Мон} : \text{Мр}_1 = 1{,}8$. Между тем как прямо, для получения секундной скорости в 8 кило, надо относительный запас в 4 (табл. 6) из 185 можем получить:

186... $\frac{\text{Мон}}{\text{Мр}_1} = 1 - e^{\frac{\text{Скр}'_1 - \text{Скн}}{\text{Ско}}}.$

Воспользуемся этой формулой, чтобы составить сравнительную табличку (22). Из нее видно, что кос-

Таблица 22.

Скр$_1$ в кило .	8	11	17
Скр$_1$—5 .	3	6	12
Мон : Мр$_1$ (186)	0,8	2,31	10,0
По таблице 6 Мо$_1$: Мр$_1$ . .	4	8	30
Скр$_1$ 4. . . .	4	7	13
Мон : Мр$_1$ . .	1,24	3,08	12,0
Мо$_1$: Мр$_1$ . .	4	8	30
Скр$_1$—3 . . .	5	8	14
Мон : Мр$_1$ . .	1,72	4	15
Мо$_1$: Мр$_1$ . .	4	8	30

мическая ракета, имеющая предварительную скорость, гораздо менее перегружается взрывчатыми веществами, чем неимеющая этой скорости. Так, для получения высшей космической скорости, одолевающей притяжение Солнца (17 к.), надобы взрывчатых веществ 30. Если же ракета еще на суше получила уже 5 кило, то относительный запас составит только 10. Первая космическая скорость требует запаса в 4; если же была подготовительная скорость в 3 кило, то вес взрывчатых веществ составит только 0,8 веса ракеты.

Форма земной ракеты очень удлиненная, наименьшего сопротивления. Удлиненность может достигать 50. Так как ракета не покидает Землю и достаточно плотные слои атмосферы, то ее нет надобности делать герметически закрытой. Ее корпус может быть уподоблен корпусу аэроплана. В нем содержится помещение для взрывчатых веществ, которые нагнетаются насосами во взрывную трубу и выбрасываются силою взрыва в задней части ракеты. В ней же находится для накачивания и двигатель, приводимый в действие бензиномотором (возможно для этого и предварительное использование небольшой части запаса взрывчатых веществ. После работы в моторе они поступают во взрывную трубу и совершают работу реакции).

Космическая ракета должна иметь наименьшую массу и об'ем, чтобы легче быть реализованной. Про-

долговатость ее 10, не более. Наибольший поперечник не менее 1—2 метров. Форма также легко обтекаемая, но ее оболочка герметически закрыта, так как ракета удаляется в безвоздушное пространство, где через отверстия газ, необходимый для дыхания, мог бы весь выйдти.

Основная оболочка ракеты должна выдерживать безопасно давление, не меньшее одной пятой атмосферы, если наполнена чистым кислородом. Действительно, у уровня океана мы получаем наибольшее количество кислорода. Частное давление его составляет около 0,2 атмосферы. Таково и его количество. Значит, физиологически его достаточно. Но человек легко переносит или, по крайней мере, приспособляется еще к вдвое меньшему количеству кислорода. На горах (в 5—6 кило высоты), где вдвое меньше кислорода, человек еще свободно живет. Здоровые переносят, хотя с опасностью для жизни, еще вдвое большее разрежение (на высоте в 10 кило). Во всяком случае, 0,5 обыкновенного количества кислорода довольно. Значит, довольно кислорода при давлении его в 0,1 атмосферы.

Оболочка ракеты должна иметь клапан, отворяющийся наружу, если разность между внутренним и внешним давлением среды превышает, положим, 0,2 атмосферы. Внизу, у уровня моря, абсолютное давление в ракете, стало быть, будет не более 1,2 атмосферы, а в пустоте давление внутри снаряда не превзойдет 0,2. Это пределы, очевидно, пригодные для дыхания. Если увеличить, посредством регулятора внешнее давление на клапан, например, до 1 атмосферы, то пределы давлений будут: две и одна атмосфера. Последнее на первое время пригоднее, как больший запас для дыхания. Внутреннее давление газа заставляет делать форму ракеты в виде дирижабля с круговыми поперечными сечениями. Эта же форма полезна и для получения наименьшего сопротивления воздуха. Она же избавляет ракету и от излишества внутренних скреплений и перегородок. Надутая крепко ракета заменяет сложную

балку, хорошо сопротивляющуюся перегибу и, вообще, изменению формы. Но так как ей приходится планировать и эта способность ее (без крыльев) слаба, то полезно соединять боками несколько оболочек (ракет) формы тел вращения. Соединенные бока должны укрепляться внутри перегородками. Такая сложная ракета, напоминающая волнистую пластину с несколькими острыми хвостами и головами, или одно большое крыло, уже более успешно планирует. Космической ракете еще приходится выдерживать усиленную тяжесть. Это заставляет делать все ее органы более крепкими, чем нужно для сопротивления силам обыкновенной тяжести. Так, должны быть крепче отделения, хранящие взрывчатые материалы. Но мы видели, что наиболее выгоден мало наклонный полет, с небольшим ускоренным движением (С менее 10). При этом тяжесть так мало изменится, что все расчеты можно смело делать на обыкновенную ее силу.

Придется еще принять во внимание сгущение и разрежение среды, окружающей быстро движущуюся ракету. В носовой части воздух сжимается, что позволяет эту часть ракетной оболочки делать более слабой или тонкой,—в кормовой же стороне атмосфера разрежается, что заставляет кормовую часть делать прочнее или толще. Силы эти действуют пока ракета в атмосфере. В пустоте их нет. Тем не менее, не ослабляя переднюю часть, заднюю необходимо делать более прочной. Это имеет большее значение для космической ракеты и меньшее для земной, вследствие ее значительной продолговатости. Мы видели, что общее продольное сопротивление воздуха составляет небольшую часть давления на ракету взрывчатых веществ. Нормальное к стенкам ракеты давление такого же порядка. Следовательно, при среднем (С), оно составляет величину, не превышающую силу обыкновенной тяжести. В виду большего запаса прочности ракеты, этими силами, как и относительной тяжестью, можем пренебречь.

Принимаем в основу главное: разность внутреннего и внешнего давлений, для ракеты веретенообразной. Вот масса (табл. 23) оболочки, сделанной из самых крепких сплавов железа, при четырехкратном запасе прочности и разности давлений в одну атмосферу (вместо необходимой в 0,2 атмосферы). Этот вес зависит, главным образом, от об'ема оболочки, а не от вида и продолговатости, предполагая веретенообразную плавную форму.

Таблица 23.

Об'ем ракеты в куб. метрах.	5	10	15	20	30	40	50	100
Вес внутреннего газа плотности воздуха в килогр.	6,5	13	19,5	26	39	52	65	130
Вес оболочки в килограм.	33	65	98	130	195	260	325	650

Выходит, что вес оболочки только в 5 раз больше веса заключенного в нем воздуха обыкновенной плотности (0,0013). При давлении в 0,2 атмосферы прочность будет 20, а при 0,1 запас прочности достигнет 40. Для помещения одного человека вполне достаточно 10 куб. метров. Такого запаса кислорода довольно одному человеку на 10 дней, если все продукты дыхания поглощаются в самой ракете.

Наибольший груз, возможный для ракеты, при разных ее об'емах, выражается примерно в тоннах 1-й строкой. Этот груз, при всех об'емах, в 154 раза больше веса оболочки. Впрочем, для малых ракет, оболочка окажется непрактично тонка, так что ее поневоле придется делать толще раза в два, три и более, смотря по малости об'ема. Это запас прочности малых ракет еще увеличит. Но малого об'ема оболочки, в таком случае, составят большую часть наивысшей грузопод'емности (154), например, 1, 2, 10%. Для больших же об'емов вес оболочки менее 1%. Про наружную чешуй-

чатую оболочку, дающую возможность получить в эфире, на солнечном свету, от 150° тепла до 250° холода, мы уже говорили. Она же в блестящем виде может предохранить и от нагревания во время полета в воздухе, особенно если между ней и крепкой оболочкой будет протекать холодный газ, выпускаемый из ракеты.

Материал взрывчатых веществ был нами указан ранее. Обращенный в жидкость чистый водород содержит меньше потенциальной энергии, так как холоден и поглощает энергию при обращении в газ и химическое его действие слабее. Его трудно обращать в жидкость и хранить, так как без особых предосторожностей он быстро улетучивается. Пригоднее всего жидкие или легко обращаемые в жидкость углеводороды. Чем они летучее, тем больше содержат водорода и тем они выгоднее для дела. Кислород терпим и в жидком виде, тем более, что может служить источником охлаждения, к которому приходится прибегать для охлаждения ракеты (во время движения в атмосфере она нагревается) и взрывной трубы. Но разумнее поступить так: наибольшую часть запаса кислорода взять в образе его каких либо эндогенных соединений, т.-е. таких, которые синтезируются (составляются) с поглощением тепла. При разложении же они его обратно выделяют и увеличивают, таким образом, энергию горения. Другая, меньшая, часть кислорода может быть в чистом и жидком виде и служить сначала для охлаждения, а потом для дыхания и взрывания. Его приходится запасать немного. Герметически запертые жидкие газы развивают огромное давление, для одоления которого нужны очень массивные сосуды. Поэтому, чтобы не быть такими, они должны иметь отверстия, через которые могли бы свободно выходить образовавшиеся газы. Так поддерживается и их низкая температура. Действие сложных взрывчатых веществ немного уступает действию чистых водорода и кислорода. Последние дают скорость отброса (продукты соединения, или горения) в 5 кило, а сложные - 4 кило. Значит и скорость ракеты

в последнем случае будет в таком же отношении уменьшена, т.-е. на 20%.

Некоторые предлагают для реактивного действия **сжатые в сосудах газы или сильно нагретые летучие жидкости.** Это совершенно неприменимо и вот почему. Самые точные и многочисленные мои расчеты показывают, что вес резервуаров, самой лучшей формы и материала, по крайней мере в 5 раз больше веса сжатого воздуха, заменяющего взрывчатое вещество. Отсюда видно, что **газовый отброс всегда будет раз в 5—10 весить меньше, чем ракета.** Мы же видим (табл. 6), что для получения низшей космической скорости надо, чтобы взрывчатый материал, при самых благоприятных условиях, превышал по массе ракету в четыре раза. Хотя легкие газы и выгоднее, но они требуют и большего веса сосудов. То же скажем и про сильно накаленные газы. Вода и другие летучие жидкости, умеренно нагретые, дают некоторые преимущества и потому более пригодны для первых опытов невысокого полета. Мои вычисления показали, что с помощью сжатых газов можно подыматься не выше 5 кило, а посредством перегретой воды не свыше 60 кило.

Нет ничего пока более энергичного и в то же время подходящего указанных ранее взрывчатых материалов.

Как же взрывать их и как хранить? Если взрывать так, как во всех известных старых и новых ракетах, то реактивное давление при взрыве будет передаваться на всю поверхность сосуда (их хранилища), что заставит делать его очень массивным. Давление взрывчатых веществ доходит до 5 тысяч атмосфер. В таком случае расчет нам покажет, что вес баков будет, по крайней мере, в 30 раз больше веса взрывчатых материалов при водяной их плотности (она на деле меньше, а это еще хуже). Если так, то снаряд не поднимется выше 15 кило.

Но мы мало потеряем, если благодаря способу умеренного (т.-е. нетщательного) смешения взрывчатых веществ ослабим давление их до 100 атмосфер, или в 50 раз. При этом и запас взрывчатых материалов

может увеличиться во столько же раз и достичь $1^2/_3$. И такого запаса мало. Дальнейшее уменьшение давления взрыва невыгодно в виду давления атмосферы и малой утилизации химической энергии. Гораздо рассудительнее держать элементы взрыва особо, без давления и только накачивать их во взрывную трубу, т.-е. особую камеру, где происходит химическое соединение (горение) элементов. Тогда для хранения их могут служить обыкновенные баки или даже сама разгороженная ракета. Неудобство в том, что приходится, преодолевая давление взрыва, накачивать вещества во взрывную камеру. Но если давление не более 100 атмосфер, то работа этого нагнетания не очень велика.

Предлагаем тут таблицу (24), определяющую эту работу при разных космических скоростях и разной силе взрывания. Массу ракеты принимаем в одну тонну, давление в 100 атмосфер.

Таблица 24.

Скорость снаряда в кило	8	11	17
Масса взрывчатых веществ в тоннах	4	8	30
Время взрывания в секундах C=10	800	1100	1700
Секундное количество подаваемых взрывчатых веществ в килогр	5	11	17
Работа накачивания в килограметрах	500	1100	1700
Время взрывания в секундах C=1	8000	11000	17000
Количество взрывчатых веществ в секунду в килогр.	0,5	1,1	1,7
Работа в килограметрах	50	110	170

Из нее видно, что при самой малой силе взрыва (C=1) и при наименьшей космической скорости (8 кило)

работа вдавливания или накачивания ограничивается 50 килограметрами или половиною метрической силы. При самой же громадной космической скорости и удесятиренной силе взрыва (С=10), работа достигает 17 метрических сил.

Все это легко одолимо и даже может быть еще уменьшено при взрывании периодическом, о котором мы уже говорили. Понятно, что при увеличенной массе ракеты работа пропорционально увеличивается. Приведенные числа—средние, приблизительные. Плотность взрывчатых веществ принимается равной единице.

Из таблицы также видно, что работа накачивания будет необременительна даже тогда, когда давление взрывчатых веществ доведем до 1000 атмосфер. Но при больших массах ракет и при большом давлении экономно применять периодическое давление и накачивание. Тогда работа на много сбавится.

Взрывная труба. Форма. Давление. Вес. Охлаждение. Главный двигатель ракеты есть взрывная труба, подобная по действию пушке с холостым зарядом. Насколько взрывная труба легче резервуара, выдерживающего ее давление, видно из следующего. Таблица 24 показывает, что при запасе взрывчатых веществ в 4 тонны, секундный расход их составляет 0,5 кило. Столько же в секунду их и выходит из трубы. Значит, труба есть сосуд, содержащий полкило веществ, притом, при давлении большею частью уменьшенном, сравнительно с давлением в резервуаре (где оно максимальное и равномерное). Резервуар же (бак) содержит веществ в 8000 раз больше. Стало быть, и вес его, по крайней мере, должен быть во столько же раз больше. Вот, примерно, какую экономию представляет моя ракета по отношению к употребляемым. Цилиндрическая форма трубы оказывается чересчур длинна. Коническая форма тем сильнее сокращает эту длину, чем конус больше расширяется. Но чем угол его больше, тем более и потери энергии, так как движение газов уклоняется в стороны. Все же при угле в 10° потеря почти неза-

метна. Но и в таком большом угле нет надобности. Конус нужен усеченный. В меньшее основание накачиваются жидкие взрывчатые вещества. В трубе они смешиваются, взрываются, стремятся по трубе к открытому широкому основанию конуса, откуда и вырываются наружу, сильно разреженные, охлажденные, со скоростью до 5 километров в секунду. В цилиндрической трубе полезное давление совершается только на круглое основание цилиндра, куда нагнетаются взрывчатые вещества, — в конической же трубе полезное давление происходит на всю внутреннюю поверхность конуса. Поэтому основание конической трубы гораздо меньше, чем у цилиндрической. Легко выведем формулу, показывающую отношение площадей оснований конуса:

$$187 \ldots \quad Пщб : Пщм = \left\{1 + \frac{Дл}{Ро} \operatorname{tg}(Уг)\right\}^2,$$

где по порядку поставлены: площадь большего основания и меньшего, длина трубы, радиус меньшего основания и тангенс угла отверстия конуса.

Если ракета весит тонну, а со взрывчатыми веществами 5 тонн и ускорение (с) ракеты 10, то и давление на трубу газов должно составлять 5 тонн. При наибольшем давлении газов в 100 атмосфер и при цилиндрической трубе, площадь ее основания будет 50 кв. сант., диаметр 8, а радиус 4 сант. Приняв еще длину трубы в 10 метров и положив в формуле (187) разные углы, составим табл. 25 для величины расширения трубы.

Таблица 25.

Угол в градусах . . .	1	2	3	4	5	6	8	10
Пщб : Пщм	28,8	95,1	199	342	524	740	1296	2000
Отношение диаметров.	5,37	9,75	14,1	18,5	22,9	27,2	36,0	44,7
Диаметр отверстия в метрах	0,22	0,39	0,56	0,74	0,92	1,08	1,44	1,8

Отсюда видно, что довольно угла отверстия конуса даже в 1° и никак не более 5 — 5°. Потеря энергии при этом будет совершенно ничтожна. Несмотря на коническую форму трубы, хорошее использование силы взрывания требует возможно более длинной трубы, чтобы газы почти все свое беспорядочное движение (теплоту) превратили в поступательное движение. С целью увеличения длины трубы, она может делать изгибы. Изгибание в двух взаимно перпендикулярных плоскостях может увеличить еще и устойчивость ракеты: вращение газов, страшно быстрое, заменит два массивных, нормальных между собою диска, вращающихся с умеренною скоростью (100 — 200 оборотов в секунду).

Двигатель для накачивания, в виду его слабосильности, может быть аэропланного типа, только в разреженных слоях и в пустоте потреблять он будет (поневоле) запасенный кислород. Выход продуктов горения в нем должен быть направлен в общую взрывную трубу или в особую, параллельную главной. Нельзя пренебрегать и малым использованием энергии горячих продуктов горения в моторах. Весь запас взрывчатых веществ мы могли бы использовать в обыкновенных двигателях (бензиновых, газовых) для получения огромной механической энергии. Как она может быть велика, видно из таблицы (24). Наименьшее потребление взрывчатых веществ, по таблице, полкило в секунду. Это количество содержит энергии (табл. 1) 1,37 . 10^6 килограмметров. Если используется из этого 30%, то получим механическую энергию в 411000 килограмметров в секунду. Это соответствует непрерывной работе более чем в 4 тысячи метрических сил. Извлекши такую механическую работу, мы пользуемся продуктами горения, как реактивным материалом, во взрывной трубе. Особенно это было бы пригодно в разреженном воздухе и в пустоте. Но нам нет никакой надобности в такой громадной механической энергии. Для накачивания взрывчатых веществ надо очень немного работы (таблица 24) — от одной до 100 сил. Кроме того, это и не-

возможно, так как аэропланный мотор в 1000 метрич. сил весит не менее 4 тонн. Его вес поглотит всю подъемную силу ракеты. Я хочу сказать, что механическая работа, которую мы можем получить почти без ущерба, в тысячи раз больше, чем нам нужно.

Некоторое затруднение видим в очень **высокой температуре взрывания — в самом начале трубы.** Она доходит до 2—3 тысяч градусов по Цельсию. Чем дальше от начала трубы, тем температура текущих и расширяющих газов ниже. У самого выхода трубы она может быть ниже нуля и даже, в идеальном случае, доходит до 273° холода.

Труба должна быть сделана из крепкого, тугоплавкого и хорошо проводящего тепло материала. Тогда накаленная часть трубы будет отдавать свое тепло соседним холодным частям. Но этого недостаточно. Необходимо непрерывное, во время взрыва, охлаждение накаленных частей трубы. Они могут быть окружены жидким кислородом, который все равно необходим для дыхания, горения в моторах и охлаждения человеческого помещения в ракете. Поэтому образовавшийся от нагревания трубою газ должен быть направлен, главным образом, в нагнетательный мотор. Все-таки некоторая начальная часть трубы будет непорчена во время взрывания, как оно ни кратковременно. Поэтому накаленная часть трубы должна делаться толще, чем нужно, чтобы противодействовать давлению газов. Оно ослабляется по мере удаления их от начала трубы, разрежения и охлаждения. Также и толщина стенок трубы тем тоньше, чем ближе они к выходному отверстию. Вес трубы очень незначителен даже при наибольшем и равномерном давлении во всю ее длину. Так, приняв давление в сто атмосфер, четырехкратный запас прочности, лучший материал, длину трубы в 10 метров и диаметр ее в 8 сант., при цилиндрической форме, — легко вычислим вес трубы, равный 32,5 килогр. Но ведь это число дано, предполагая **всю** трубу такой же крепкой, как ее начало, где давление

во множество раз больше, чем в других ее частях. Одним словом, это вес предельно большой.

Вес нагнетательного мотора будет от 5 до 100 килограмм (табл. 24).

Органы направления ракеты подобны аэропланным. Но они отличаются тем, что могут действовать не только в воздухе, но и в пустоте. Это три особых руля и все они помещаются по близости выходного расширенного отверстия взрывной трубы. Так как ракете, при спуске на землю, приходится планировать без взрывания, как аэроплану, то рули эти не могут быть внутри трубы. Должны быть: 1) горизонтальный руль высоты, 2) отвесный руль направления и, наконец, 3) руль боковой устойчивости. Первые два нечего описывать, так как они тождественны с рулями аэропланными. Но действуют они и в пустоте, благодаря быстрому потоку выходящих из отверстия взрывной трубы газов. Уклонение руля вызывает на него давление потока (продуктов горения) и соответствующее уклонение снаряда. Эти рули могли бы иметь очень малую площадь, в виду быстроты газового потока; но ракета должна планировать в воздухе, как аэроплан, и потому площадь рулей будет такая же большая, как у самолета. То же можем сказать и про крылушки боковой устойчивости. Поставленные по бокам корпуса снаряда, они будут работать только в атмосфере. Поэтому, кроме обыкновенных эйлеронов самолета, нужен другой орган устойчивости, действующий и в пустоте. Это есть небольшая пластинка перед выходным отверстием трубы, могущая вращаться вокруг оси, параллельной оси трубы или ракеты. При поворачивании пластинки, вылетающий из трубы поток сам вращается; рождается его вихреобразное движение, что и заставляет снаряд поворачиваться вокруг своей длинной оси в ту или другую сторону.

Если этот руль наружи, вне трубы, то он будет действовать и в воздухе, как аэропланные эйлероны,

независимо от взрывания; но он черезчур слаб и для планирования не испытан. Поэтому, кроме него, придется прибегнуть и к обыкновенным эйлеронам. Извивы взрывной трубы, если они есть, также должны быть отнесены к органам направления или положения.

Ракета должна иметь кварцевые прозрачные окна, чтобы все кругом можно было обозревать и чтобы они не могли полопаться от нагревания и тряски. Внутри они должны быть прикрыты другим **прозрачным** слоем, защищающим от губительного действия чистых солнечных лучей, не обезвреженных земной атмосферой. Компас едва-ли может служить руководством к определению направления. Для этого пригодны более всего солнечные лучи; а если нет окон или они закрыты, то быстро вращающиеся маленькие диски. Короткое время взрывания и пребывания в атмосфере они могут служить безукоризненно.

В виду того, что выгоднее всего направляться при небольшом ускорении (c) ракеты, никаких особых предосторожностей для сохранения человека от усиленной тяжести не требуется, так как это усиление очень мало и нормальный суб'ект вынесет его даже стоя. При том оно продолжается несколько минут, самое большое 2—3 часов. Продукты его дыхания должны поглощаться щелочами и другими веществами, про что знают хорошо химики. Также должны обезвреживаться и все твердые и жидкие выделения человека. О добывании в эфире кислорода и пищи много мною писалось. Дело это несомненной осуществимости.

Теперь мы поговорим о том, **как можно начать работу космических достижений немедленно, сейчас же.** Обыкновенно идут от известного к неизвестному: от швейной иголки к швейной машине, от ножа к мясорубке, от молотильных цепов к молотилке, от экипажа к автомобилю, от лодки к кораблю. Так и мы думаем перейти от аэроплана к реактивному прибору—для завоевания солнечной системы. Мы уже говорили, что ракета, летя сначала неизбежно в воздухе, должна иметь

некоторые черты аэроплана. Но мы уже доказывали, что в нем непригодны колеса, воздушные винты, мотор, проницаемость помещения для газов, обременительны крылья. Все это мешает ему получить скорость, большую 200 метров в секунду или 720 кило в час. Самолет должен быть преобразован. Он не будет пригоден для целей воздушного транспорта, но постепенно станет пригоден для космических путешествий. Разве и сейчас аэроплан, летая на высоте 12 килом., не одолевает уже 70 — 80$^0/_0$ всей атмосферы и не приближается к сфере чистого эфира, окружающего Землю! Поможем же ему достигнуть большего. Вот грубые ступени (со многими промежуточными, которые опускаю) развития и преобразования аэропланного дела, достигающего высших целей:

1. Устраивается ракетный самолет с крыльями и обыкновенными органами направления. Но бензиновый мотор заменен взрывной трубой, куда накачиваются взрывчатые вещества слабосильным двигателем. Воздушного винта нет. Есть запас взрывчатых материалов и остается помещение для пилота, закрытое чем-нибудь прозрачным, так как скорость такого аппарата больше аэропланной и сквозняк невыносим. Этот прибор от реактивного действия взрывания покатится на полозьях по смазанным рельсам (в виду небольшой сначала скорости, могут остаться и колеса). Затем, поднимется на воздух, достигнет максимума скорости, потеряет весь запас взрывчатых веществ и облегченный начнет планировать, как обыкновенный или безмоторный аэроплан, чтобы безопасно спуститься на сушу. Такой опыт, если верить газетам, уже был произведен с полным успехом каким то инженером в Австралии.

Количество взрывчатых веществ и силу взрывания надо понемногу увеличивать, также максимальную скорость, дальность, а главное — высоту полета. В виду проницаемости для воздуха человеческого помещения в самолете, высота, конечно, не может быть больше

известной рекордной высоты. Достаточно и 5 кило поднятия. Цель этих опытов—уменье управлять аэропланом (при значительной скорости движения), взрывной трубой и планированием.

2. Крылья последующих самолетов надо понемногу уменьшать, силу мотора и скорость увеличивать. Придется прибегнуть к получению предварительной, до взрывания, скорости с помощью описанных ранее средств.

3. Корпус дальнейших аэропланов следует делать непроницаемым для газов и наполненным кислородом, с приборами, поглощающими углекислый газ, амиак и другие продукты выделения человека. Цель—достигать любого разрежения воздуха. Высота может много превосходить 12 килом. В силу большой скорости преспуске, для безопасности, его можно делать на воде. Непроницаемость корпуса не даст ракете потонуть.

4. Применяются описанные мною рули, действующие отлично в пустоте и в очень разреженном воздухе, куда залетает снаряд. Пускается в ход безкрылый аэроплан, сдвоенный или строенный, надутый кислородом, герметически закрытый, хорошо планирующий. Он требует для поднятия на воздух большей предварительной скорости и, стало быть, усовершенствования разбежных приборов. Прибавочная скорость даст ему возможность подниматься все выше и выше. Центробежная сила может уже проявить свое действие и уменьшить работу движения.

5. Скорость достигает 8 кило в секунду, центробежная сила вполне уничтожает тяжесть и ракета впервые заходит за пределы отмосферы. Полетавши там, на сколько хватает кислорода и пищи, она все же спирально возвращается на Землю, тормозя себя воздухом и планируя без взрывания.

6. После этого можно употреблять корпус простой, несдвоенный. Полеты за атмосферу повторяются. Реактивные приборы все более и более удаляются от воздушной оболочки Земли и пребывают в эфире все

долже и долже. Все же они возвращаются, так как имеют ограниченный запас пищи и кислорода.

7. Делаются попытки избавиться от углекислого газа и других человеческих выделений с помощью подобранных мелкорослых растений, дающих в то же время питательные вещества. Над этим много, много работают и медленно достигают успеха.

8. Устраиваются эфирные скафандры (одежды) для безопасного выхода из ракеты в эфир.

9. Для получения кислорода, пищи и очищения ракетного воздуха придумывают особые помещения для растений Все это, в сложенном виде, уносится ракетами в эфир и там раскладывается и соединяется, Человек достигает большей независимости от Земли. так как добывает средства жизни самостоятельно.

10. Вокруг Земли устраиваются обширные поселения.

11. Используют солнечную энергию не только для питания и удобств жизни (комфорта), но и для перемещения по всей солнечной системе.

12. Основывают колонии в поясе астероидов и других местах солнечной системы, где только находят небольшие небесные тела.

13. Развивается промышленность и размножаются невообразимо колонии.

14. Достигается индивидуальное (личности, отдельного человека) и общественное (социалистическое) совершенство.

15. Население солнечной системы делается в сто тысяч миллионов раз больше теперешнего земного. Достигается предел, после которого неизбежно расселение по всему Млечному Пути.

16. Начинается угасание Солнца. Оставшееся население солнечной системы удаляется от нее к другим солнцам, к ранее улетевшим братьям.

Слабая тяжесть. Отрывок из моей книги „Грезы о Земле и небе“. 1895 г.

Мы на астероиде, не видном с Земли в лучшие телескопы, так как диаметр его не более 6 килом. (Такие планетоиды усматриваются с чрезвычайным трудом и только в самые гигантские телескопы. Легче всего открываются они при помощи фотографии. Так, с несомненностью подтверждено открытие планетоидов: Агаты, Филагории и Эригоны. Первая из них имеет поперечник, не превышающий 6—7 верст). Тяжесть тут так слаба, что достаточно понатужиться—прыгнуть посильнее, и мы вечно будем удаляться от него и никогда к нему не приблизимся; мы освобождаемся от силы его тяготения одним хорошим прыжком, который поднял бы нас от поверхности Земли всего лишь на $1^1/_4$ метр.

Только Солнце уклонит наш прямой путь и заставит обращаться вокруг себя, как заправскую планету; вследствие этого, через некоторое довольно продолжительное время, мы можем опять быть близко к оставленному нами астероиду, удаляясь от него по кругу и нагоняя его сзади.

Прошу не считать наш астероид очень маленьким: окружность его имеет около $17^1/_2$ килом., поверхность — чуть не 10.000 гектаров (десятин), об‘ем — 92 куб. килом., а масса его, при средней плотности Земли, в 6000 раз более массы всего человеческого населения земного шара.

Сравнительная поверхность этого астероида действительно крохотная: на ней может устроиться не более 3000 земных жителей с их расточительным хозяйством (планета от Солнца дальше Земли и потому энергия лучей светила раза в 3 меньше). Вообще же может поместиться и кормиться около 8 миллионов: немножко тесненько, но тяжесть очень слабая: прыгни и лети, куда хочешь.

Тут притяжение в 2250 раз менее, чем у поверхности Земли. Это значит, что вы тут понесете 2250 пудов с такою же легкостью, с какою на Земле 1 пуд;

тяжести собственного тела вы не чувствуете, потому что вас к почве припирает сила в 7 золот., по земному; массивный чугунный куб в сажень, поставленный на голову, производит давление, как корзина с хлебом, весящая менее 2 пудов; тяжесть бочки с водой производит впечатление тяжести стакана с вином, человек на плечах,—как кукла в 7 золотн., 2250 человек,—как один человек, даже менее, так так на Земле прибавляется еще собственная обременительная тяжесть, тут же ее незаметно.

Вы стоите на поверхности астероида прямо, по земному, но малейшее ваше движение вздымает вас, как пушинку, на воздух. Усилие, нужное для того, чтобы вспрыгнуть на земной порог в 2 вершка (10 сант.), вздымает вас тут на высоту 120 сажен, т.-е. немного ниже башни Эйфеля. Тяжесть настолько мизерна, что с полусаженной (1 м.) высоты вы будете падать в течение 22 секунд, чуть не полминуты.

Если вы нарочно наклонитесь и захотите повалиться на почву, подобно подпиленному дереву, то вы будете ждать окончания этого удовольствия несколько минут, и удара от падения, конечно, никакого не почувствуете. Если вы подожмете ноги, чтобы сесть, то ноги ваши будут висеть в пространстве без опоры секунд 10, в течение которых вы успеете закурить папиросу (жаль, что отсутствие воздуха этого не позволит). Если вы, лежа, пошевельнетесь, потянетесь, чихнете, зевнете, то немедленно взлетаете кверху на несколько аршин, ну точно перышко, на которое подул ветерок,— поднял его, пронес немного и опять уронил. Лежать и стоять вы можете на острых камнях: тела не изрежете, бока не отлежите. Если вы забудетесь и быстро вскочите, как вскакиваете (на Земле) с травы на встречу идущей к вам даме, то моментально улетаете в пространство на несколько сот сажен и путешествуете минут шесть, оставляя бедную (хотя и воображаемую) даму в глубоком недоумении. 3 минуты вы подниматесь,

столько же опускаетесь—где-нибудь сажен за 100 от злополучной особы.

Мелкие вещи не кидайте—они улетают навсегда; но и пудовые камни не трудно кидать так, что они, становясь аэролитами, на веки исчезают.

Земной секундный маятник, аршина $1\frac{1}{2}$ длиною, качался тут в 47 раз медленнее и часы, вместо, напр., 1 часа 34 минут, показывали 2 минуты: время шло как бы в 47 раз медленнее. Здешний секундный маятник так короток (меньше $\frac{1}{2}$ м.м.), что его не видно. Карманные часы действуют исправно (т.-е. ход их от тяжести почти не зависит).

Бежать на планете и даже ходить очень неудобно: при малейшей таковой попытке, вы улетаете кверху. Впрочем, можно бежать гигантскими шагами, в несколько сажен каждый, действуя, однако, ногами крайне нежно. Чуть посильнее—и вы начинаете кувыркаться в пространстве на первом же шагу, так что другой шаг приходится делать не ногами, а головой, руками, боком, чем придется.

Если хотите путешествовать, лучше сказать, облететь кругом планету по разным меридианам и осмотреть ее поверхность, то лучше поступать так: оттолкнитесь ногами, в лежачем положении и в горизонтальном направлении, от какого-нибудь большого камня или выступа планеты. Тогда вы полетите, как рыба в воде,—будто поплывете: на боку, животе или на спине. Если вы оттолкнулись слабо, то, пролетев несколько сотен сажен или более, вы приблизитесь к почве и будете ее чуть-чуть скоблить; тут вы еще оттолкнитесь горизонтально о какой-нибудь выступ почвы—и так 5—10 раз—до тех пор, пока совсем не перестанете касаться ее; это будет означать, что центробежная сила поборола тяжесть планеты. Вы делаетесь ее спутником, ее луной и перестаете ощущать влияние тяжести; вы в среде кажущегося ее отсутствия.

Не подумайте, что нужна большая скорость! Довольно и одного прыжка в горизонтальном направле-

нии, и усилие для этого надо ровно вдвое меньшее, чем для полного удаления от планеты; стало быть, оно эквивалентно земному прыжку на высоту 14 верш. ($^5/_8$ метра). И самое лучшее приобрести сразу потребную скорость (3,6 метра в 1 секунду), оттпихнувшись посильнее, как это вы делаете в земной купальне, отталкиваясь от нее ногами.

Замечу, что во время всякого рода прыжков и полетов (даже и на Земле, не считая воздух), пока вы не касаетесь почвы, вы также в среде видимого отсутствия тяжести, как и при путешествии кругом планеты. Путешествие это совершается без какого-либо расхода сил (кроме единовременного расхода, т.-е. прыжка) в течение 1 часа 24 минут (1,4 часа), со скоростью 3,6 метра в 1 секунду (менее 12 ф., или менее 12 верст в час). Скорее двигаться нельзя, потому что, в противном случае, вы будете удаляться от планеты и, при скорости в $1^1/_2$ раза большей (5 метров в 1 сек., 17 верст в 1 час), удалитесь от нее безвозвратно.

Если бы планета вращалась, то описанные явления усложнились бы.

Хотя при этом кругосветном путешествии никаких усилий не требуется—проезжайте хоть триллионы верст, но не хорошо то, что скорость (17 верст в час) мала. Правда, устроивши поезд кверху колесами, подобный отраженному в зеркальном потолке, можем двигаться со всякою скоростью, ибо центробежная сила будет сдерживаться рельсами. Такой поезд, двигаясь в 47 раз скорее (550 в. в 1 час), рождает центробежную силу, равную, но обратную земной тяжести. Пассажир, так сказать, „с облаков падает на Землю“; при скорости, в $2^1/_2$ раза меньшей, тяжесть, как на Луне. Образование тяжести, понятно, усиливает трение и затрудняет ход поезда.

Вот астероид, диаметр которого равен 56 километрам (некоторые астероиды меньше, другие больше; первых около 300 штук, последних около — 700; окружность — 176, поверхность — 9856 кв. кил.). Так как пла-

нета находится поблизости от описанной, то пользуется она тою же энергиею лучей Солнца, но пропитать может, по своей поверхности, около 800 мил. обитателей. Об'ем ее в 1000 раз больше об'ема предыдущей планеты. Планета, как хотите, солидная. Прыжок уже подымает вас очень немного — на каких-нибудь 130 сажен (281 метр). Через колокольню или реку перепрыгнуть, конечно, нетрудно. Тяжесть все же дает себя чувствовать: ваше тело, выражаясь по земному, весит почти фунт; сорокаведерная бочка уже не легка, как стакан с вином, а как целых два штофа; ведро с водою давит с силою нашей осьмушки фунта.

Хоть планета и солидная, но бежать на ней несколько удобнее, чем на предыдущей; только не торопитесь, при малейшей торопливости начнете кувыркаться.

Камень, кинутый со скоростью 50 метр. в 1 сек., оставляет планету навсегда; на Земле камень с такою вертикальною скоростью поднимается на высоту 125 м., или 60 саж.; поэтому не только пули и ядра, но и детский лук может пустить стрелу, оставляющую планету.

Камень, пущенный пращой или другим простейшим образом, легко получает надлежащую для оставления планеты скорость.

Поезд, имеющий секундную скорость в 36 метров (126 килом. в час), теряет от центробежной силы свой вес; такая скорость на планете, по хорошему пути, совершенные пустяки. Действительно, — воздуха нет, тяжесть в 225 раз слабее, чем на Земле и потому трение всех родов уменьшается во столько же раз. Да притом, при этой скорости в 120 верст, которую иногда имеют и земные локомотивы, тяжесть, а, следовательно, и трение окончательно исчезают; поезд вздымается кверху и несется вечно без затраты сил; если в самом начале ему легко идти, то потом еще легче, потому что малый вес его, с увеличением скорости, еще более убывает, пока не сойдет на нуль.

На этой планете можно бы было, при очень гладкой дороге, ездить и на велосипедах, приспособив их несколько к малой тяжести; но, при усердии, они оставят планету, и вы, вертясь вместе со своим экипажем, улетите в пространство.

Астероид с диаметром еще в 10 раз большим. Диаметр его равен 560 килом. (Известные мне астероиды меньше размерами, именно: Веста — 435 кил., Церера — 367, Паллада — 255, Эвномия — 187, Юнона — 172 и т. д.), т.-е. он только раз в 6 меньше лунного; как видите, это уже вполне основательная планета. Тяжесть на ней в 22½ раза меньше земной. Человек прыгнет только сажен на 10; стало-быть, перепрыгнет здоровую березу, 5 этажный дом, ров, реченку, сажен в 40 ширины. Четырехпудовый суб'ект весит здесь столько же, сколько на земле 7-ми фунтовой поросенок. Человек с обыкновенными силами, без напряжения, несет на плечах, на голове, на руках, где удобно — целую толпу из 20 — 40 особ, ему подобных. Крепость материалов по отношению к силе тяжести и тут весьма велика. Напр., человек качается на качелях, бичевки которых немного толще суровых ниток. Строение одинаковой конструкции с земными в 22 раза выше. У вас построили башню в 300 метров высоты, а тут могла бы быть в 6 верст (6,6 кил.). Камень нельзя бросить рукой, чтобы он улетел в бесконечность или вращался вокруг планеты, как спутник. Но пушечные ядра улетают совсем, а пули, теряя тяжесть, вращаются вокруг планеты, на нее не падая.

Поезд, чтобы уничтожить центробежной силой притяжение, должен двигаться со скоростью 360 метр. в 1 секунду, или 1280 килом. в час.

Спрашивается, возможна ли такая скорость, которая раз в 10 превышает скорость самых быстрых земных локомотивов?

Воздух, при быстроте движения, есть главное препятствие; но газов здесь нет; тяжесть в 22 раза слабее, трение во столько же раз меньше, и скорость

потому может быть, по крайней мере, раз в 5 больше, т.-е. 640 килом. в 1 час. При этой скорости центробежная сила составит только $1/4$ часть силы тяжести и ее, значит, не уничтожит. Уменьшение тяжести все-таки еще увеличит скорость поезда, но можно усумниться в том, чтобы она достигла надлежащей степени, ибо колеса должны разорваться от центробежной силы.

Почти все величины обозначаю начальными буквами их русского названия, кроме знака дифференциала, тригонометрических символов, натурального логарифма (Le) и очень немногих случаев.

Формулы:

1—9 . . . Давление атмосферы на единицу площади (Да). Давление на ядро (Дя). Число атмосфер (Ча). Площадь (Пщ). Секундное ускорение ядра и земной тяжести (Уя, Уз). Масса ядра (М). Скорость ядра (Ся). Длина пушки (Дп). Относительная тяжесть в ядре (То). Время (Вр).

12—46 . . . Массы отброса и ракеты (Мо, Мр). Скорости отброса и ракеты (Ско, Скр). (Ско) есть скорость относительно снаряда. Работа ракеты и отброса (Рр, Ро). Полезность ракеты (Пр и Плз). Скорость вообще или начальная общая (Ск). Постоянное (Пост). Скорость ракеты наибольшая ($Скр_1$). Масса ракеты со всем, кроме взрывчатых веществ ($Мр_1$). Наибольшая масса отброса ($Мо_1$).

46—80 . . . Угол силы (С), действующей на ракету, с отвесом (Уг), а с горизонтом (У). Равнодействующая (Р). Углы ее с отвесом и горизонтом (Ух, Х). Тяжесть Земли (Т = Уз). Работа поднятия (Рп). Длина пролета (Пр). Полное время взрывания ($Вр_1$),

83—93 . . . Угол полета с горизонтом (Уг). Под'ем в высоту (Пд).

95—113 . . . Высота над уровнем океана (В). Высота атмосферы при постоянной нижней плотности ($Плв_1$) воздуха ($В_1$). Плотность воздуха (Плв). Среднее нижнее давление атмосферы ($Д_1$). Длина про-

лета (Дл). Давление воздуха на ракету от ее движения (Дв). Рабора сопротивления воздуха (Рбс). Полезность формы (Пф).

113—187 . . . Потеря (относительная) от сопротивления атмосферы (Пт). Радиус и диаметр Земли (Рз, Дз). Основание натуральных логарифмов (е). Поправочный коэфициент (Кп). Проекция основания (Пос). Угол наклона (Ун). Скорость газовых молекул (Скм). Толщина прилипшего слоя воздуха (Тщ$_1$). Плотность газа (Плг). Скорость снаряда (Скс). Ширина (Ш). Масса отброса наибольшая, начальная (Мон). Скорость ракеты начальная (Скрн). Две площади оснований конической взрывной трубы: большая и малая (Пщб, Пщм). Привожу это, чтобы ознакомить с сущностью обозначений, которые подробнее об'яснены в самом изложении.

Интересующихся моими книгами прошу обращаться ко мне по адресу:

Калуга, Жорес, 3. К. Э. Циолковскому.

В письме необходимо осведомлять меня, откуда узнали о моих работах, с точным указанием времени, названия и номера газеты или журнала.

Ученые, работающие над проблемной космического полета.

(Сообщил в начале ноября 1926 г. кандид. матем. А. Шершевский).

1. **К. Циолковский.** Калуга, Жорес, 3. С. С. С. Р. (печатн. труды о косм. ракете с 1903 г.).

2. **М. Вебер**, доктор, инж., професс. Германия, Берлин, Nikolassee, Luckhofstrasse.

3. **Л. Шиллер**, д-р филос., професс. Германия, Лейпциг, Linnéstr., 5.

4. **Вальтер Гоманн**, доктор, инж. Германия, Эссен, Einugkeitstr., 29.

5. **Герман Оберт**, проф. Румыния, Медиаш, Aeussere, Forkeschgasse, 18.

6. **Макс Валье**, доктор. физ. Италия, Спузи, Aeto Adige.

7. **Александр Шершевский**, канд. матем. Германия, Берлин, W. 30, Stübbenstrasse, 10.

8. **Владимир Ветчинкин**, инж., проф. СССР, Москва, Разгуляй, Токмаков пер., 10, или центральный Аэрогидродинамический Институт, Москва, Вознесенская улица, 21.

9. **Секция межпланетных сообщений**. СССР, Москва, Академия воздушного флота, Ленинградское шоссе, Петровский дворец.

10. **Борис Яштуршинский**, д-р физ. прив.-доц. СССР, Ленинград, Лесное, 1, Государств. Политехнич. Инст., кораблестроительное отделение.

11. **Роберт Годдарт**, проф. Соедин. Штаты Америки, Массачузет, Клерк-Колледж в Ворчестере.

12. **Дженкинс**. Соедин. Штаты Америки.

13. **Рене Лорен**, инж., Франция.

14. **Цандер**, инж. СССР, Москва.

15. **Никольский**, СССР, Москва.

16. **Роберт Ладеман**, канд. матем. и астрон. Германия, Берлин, N. W. 87, Holsteinerufer 12 II.

17. **Макс Вольф**, проф., доктор филос. и астроном. Австрия, Вена, Высш. технич. училище.

* *
*

Циолковский просит сообщить ему о всех лицах, занимающихся космической ракетой с точным указанием их работ. К списку Шершевского он присоединяет еще:

18. **Николай Рынин**, проф. СССР, Ленинград, Коломенская, 37, кв. 25.

* *
*

Об ученых популяризаторах и лекторах уже было упомянуто в начале этой книги.

Калуга. Гублит № 1142, 1926 г. Тираж 2000 экз. 1-я Гостипография ГСНХ.